

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Praha 2011

Bc. Kieu Thi Thanh Hai

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ

ZDRAVOTNICKÁ TECHNIKA A INFORMATIKA



Bc. Kieu Thi Thanh Hai

**Hodnocení kardiopulmonální zdatnosti sportovců a obézních pacientů
pomocí spiroergometrie (Oxycon)**

**Evaluation of cardiorespiratory capacity of sportsmen and obese
patients measured by spiroergometry (Oxycon)**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Doc. MUDr. Zdeněk Vilikus, CSc.

Konzultant:

RNDr. Jan Klaschka PhD.

Praha 2011

PROHLÁŠENÍ

Čestně prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením pana Doc. MUDr. Zdeňka Vilíkuse, CSc. a uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

Souhlasím se zpřístupněním elektronické verze mé práce v Digitálním repozitáři Univerzity Karlovy v Praze (<http://repozitar.cuni.cz>). Práce je zpřístupněna pouze v rámci Univerzity Karlovy v Praze.

Souhlasím, aby tato závěrečná práce byla archivována v Ústavu vědeckých informací 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze a zde užívána ke studijním účelům.

V Praze dne: 24. 05. 2011

.....
Kieu Thi Thanh Hai

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce panu Doc. MUDr. Zdeňkovi Vilikusovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a vstřícnost. Dále srdečný dík vyslovuji panu RNDr. Janovi Klaschkovi PhD. za pomoc se statistickou částí diplomové práce. Také bych ráda chtěla poděkovat svým přátelům, kteří mě podporovali během celého studia.

Identifikační záznam

KIEU THI, Thanh Hai. *Hodnocení kardiopulmonální zdatnosti sportovců a obézních pacientů pomocí spiroergometrie (Oxycon)*. [Evaluation of cardiorespiratory capacity of sportsmen and obese patients measured by spiroergometry (Oxycon)]. Praha, 2011. 78 s., 2 příl. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta. Vedoucí práce Doc. MUDr. Zdeněk Vilík, CSc.

Abstrakt:

Cílem této práce je zhodnotit kardiorespirační zdatnost u sportovců a obézních pacientů prostřednictvím spiroergometrie na bicyklovém ergometru pomocí analyzátoru vydechovaného plynu (Oxyconu). Jeho výhodou je, že měření probíhá „on-line“, umožňuje tedy okamžité sledování měřených spiroergometrických parametrů přímo na monitoru počítače, který je součástí analyzátoru.

Spiroergometrie je metoda stanovení aerobní kardiorespirační zdatnosti pomocí analyzátoru vydechovaného plynu ke zjištění fyzické zdatnosti.

Pro statistické hodnocení rozdílností hodnot spiroergometrických ukazatelů mezi těmito dvěma sledovanými skupinami pacientů jsem použila metody Studentova nepárového T - testu.

Teoretická část obsahuje úvod do problematiky obezity, epidemiologie obezity, historie, etiologie, zdravotní rizika této nemoci, rozdělení, diagnostiku, léčbu a doporučení a rady pro pacienty. Dále obsahuje pojmy tělovýchovné lékařství, vliv pohybové aktivity na lidský organismus, pohybová aktivita a zdraví, kardiorespirační zdatnost, metodika spiroergometrie a spiroergometrické parametry.

Část praktická obsahuje popis průběhu spiroergometrického měření na ústavu tělovýchovného lékařství na 1. LF. Univerzity Karlovy v Praze a vlastní statistické vyhodnocení spiroergometrických výsledků pomocí T-testu. Skládá se z přístrojové techniky, metodického postupu, statistické zpracování, metodiky provedení spiroergometrie, výsledků analýzy, výpočtů a hodnocení spiroergometrických parametrů při maximální zátěži, diskusí, závěrů a ze souboru vyšetřovaných osob.

Hodnoty kardiorespirační zdatnosti u sportovců a obézních pacientů se významně lišily.

I přes rozmanitý charakter sportovního odvětví sledovaných osob se potvrdil předpoklad, že sportovci dosáhli významně lepších výsledků ukazatele maximální aerobní kapacity VO_{2max} ve srovnání se skupinou obézních pacientů.

Ukazatel maximální aerobní kapacity VO_{2max} , je nejdůležitějším parametrem při posuzování aerobní kardiorespirační zdatnosti a aerobních schopností organismu.

Klíčová slova: Obezita – Kardiorespirační zdatnost – Tělovýchovné lékařství – Pohybová aktivita – Spiroergometrie – Analyzátor vydechovaného plynu

Abstract:

The objective of this thesis is to evaluate the cardiorespiratory fitness of sportsmen and obese patients through the medium of spiroergometry on cycloergometer by virtue of the analyzer of exhaled gas (Oxycon). Its advantage is that the measurement takes place "on-line", therefore it allows prompt monitoring of measured spiroergometric parameters directly on screen of computer that forms part of the analyzer.

The spiroergometry is a method of determining the cardiorespiratory fitness through the medium of analyzer of exhaled gas in order to state the physical fitness.

For statistical evaluation of differences in values of spiroergometric indicators between these two observed groups of patients I used the Student's unpaired T-test.

The theoretical part contains an introduction into the issue of obesity, obesity epidemiology, history, aetiology and health risks of this disease, classification, diagnostics, treatment, and recommendations and advices for patients. Furthermore it contains terms as sports medicine, influence of motional activity on human organism, cardiorespiratory fitness, spiroergometry methodology, and spiroergometric parameters.

The practical part contains a description of spiroergometric measuring process at the Institute of Sports Medicine at the 1st Faculty of Medicine of the Charles University in Prague and the proper statistical evaluation of spiroergometric results using the T-test. It is composed of instrumentation, methodological procedure, statistical proceeding, spiroergometry methodology, analysis results, calculations and evaluations of spiroergometric parameters for maximum load, discussions, conclusions, and ensemble of examined persons.

The values of cardiorespiratory fitness of sportsmen and obese patients were significantly different. Despite the various characteristics of sports disciplines of observed persons the hypothesis that the sportsmen will achieve significantly better results indicating the maximal aerobic capacity VO_{2max} compared with the group of obese patients has been confirmed.

The indicator of maximal aerobic capacity VO_{2max} is the most important parameter for determining the aerobic cardiorespiratory fitness and aerobic abilities of the organism.

Key words: Obesity – Cardiorespiratory fitness – Sports medicine – Motional activity – Spiroergometry – Analyzer of exhaled gas

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. CÍL PRÁCE	12
3. TEORETICKÁ ČÁST	
3.1 Obezita	13
3.1.1 Úvod do problematiky obezity	13
3.1.2 Epidemiologie obezity	14
3.1.3 Historie	15
3.1.4 Etiologie	16
3.1.5 Zdravotní rizika obezity	17
3.1.5.1 Obezita a komplikace	19
3.1.6 Dělení obezity	20
3.1.7 Diagnostika obezity	22
3.1.8 Léčba obezity	24
3.1.9 Doporučení a rady pro obézní pacienty	27
3.2 Úvod do tělovýchovného lékařství. Vliv pohybové aktivity na lidský organizmus.	
Pohybová aktivita a zdraví	28
3.2.1 Úvod do tělovýchovného lékařství	28
3.2.2 Vliv pohybové aktivity na lidský organizmus	28
3.2.2.1 Význam pohybu jako součásti zdravého životního stylu	29
3.2.3 Pohybová aktivita a zdraví	30
3.3 Kardiorespirační zdatnost. Metodika spiroergometrie. Spiroergometrické parametry	33
3.3.1 Kardiorespirační zdatnost	33
3.3.1.1 Význam kardiorespirační zdatnost pro zdraví	33
3.3.2 Metodika spiroergometrie	35
3.3.2.1 Indikace spiroergometrie	35
3.3.3 Spiroergometrické parametry	38

4. PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Spiroergometrické měření na ústavu tělovýchovného lékařství na 1. LF. UK,

Praha	42
4.1.1 Ústav tělovýchovného lékařství na 1. LF. UK, Praha	42
4.1.2 Soubor vyšetřovaných osob	43
4.1.3 Přístrojová technika	45
4.1.4 Metodika provedení spiroergometrie	46
4.2 Výsledky	48
4.2.1 Statistické zpracování	48
4.2.2 Zhodnocení spiroergometrických parametrů při maximální zátěži	50
4.2.3 Hodnocení výsledků spiroergometrických parametrů pomocí T-testu	52
4.2.3.1 Tepová frekvence	52
4.2.3.2 Minutová plicní ventilace	53
4.2.3.3 Dechová frekvence	55
4.2.3.4 Absolutní spotřeba kyslíku	56
4.2.3.5 Relativní spotřeba kyslíku	58
4.2.3.6 Tepový kyslík	59
4.2.3.7 Ventilační ekvivalent pro kyslík a pro oxid uhličitý	61
4.2.3.8 Respirační kvocient	63
4.2.3.9 Zátěž	64
5. DISKUZE	66
6. ZÁVĚR	69
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	75
9. SEZNAM PŘÍLOH	77

1. ÚVOD

„ Moudrý není ten, kdo ví, ale ten, kdo ví a jedná podle toho „ (Staré indické přísloví).

Pohybová aktivita, jako jeden z výrazných činitelů se přímo podílí na kvalitě života a zdraví jedince. Současný moderní životní styl neodpovídá přirozeným požadavkům organismu, je charakteristický především nedostatkem pohybových aktivit.

Naopak, na straně druhé, se vyznačuje jednostranným přetěžováním určitých pohybových segmentů vedoucí k některým onemocněním (2).

Dalším problémem celého světa je nutriční problém, který je dán nerovnováhou mezi příjmem a výdejem energie.

V řadě zemí je chronická podvýživa hlavní příčinnou úmrtnosti, zejména kojenců a dětí. V rozvinutých zemích je naopak problémem nadměrný přívod energie potravou vedoucí k obezitě, která je vzhledem ke svým důsledkům významnou příčinnou nemoci a úmrtnosti (21).

Obezita v současnosti patří mezi nejzávažnější civilizační onemocnění a v posledních letech se stala hned po kouření nejčastější příčinou úmrtí mezi faktory, kterým lze předcházet.

Je definována jako závažné chronické multifaktoriálně podmíněné metabolické onemocnění, které je nutno chápat jako nemoc a současně důležitý rizikový faktor podílející se na vzniku řady dalších závažných nemocí a komplikací.

Vznik obezity je ovlivněn složkou genetickou, biochemickou, hormonální, etnickou, behaviorální a v neposlední řadě i společensko-kulturním prostředím (16, 18, 22).

Dnes tedy víme, že dostatečná pohybová aktivita je spolu se správnou výživou to hlavní, co člověk může vykonat pro svoje dobré zdraví a prevenci nemocí (22).

Velký význam pro zdraví má také kardiorespirační zdatnost. Je to jeden z parametrů, který patří mezi nejdůležitější pro zdraví, a rovněž nejvýznamnější ukazatel určující celkovou zdatnost organismu (6).

V podstatě je dána schopností srdce a cévního systému dopravovat krví dostatečné množství kyslíku k pracujícím svalům.

Vysoká kardiorespirační zdatnost významně snižuje riziko srdečně-cévních chorob a jejich negativní důsledky. Zdatné srdce a cévní systém jsou méně náchylné k nejrůznějším onemocněním a dokáží se s nimi i lépe vyrovnat (6).

V posledních letech, bylo napsáno na téma obezity a vlivu pohybové aktivity na lidské zdraví mnoho diplomových prací, žádná z nich se však nezaměřovala přímo na hodnocení kardiopulsační zdatnosti u takto rozdělených populací (sportovci – obézní).

Rozhodla jsem se vyplnit tuto mezeru diplomovou prací, zaměřenou právě na tyto dvě skupiny a to za pomoci spiroergometrie.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce je obecně popsat obezitu, význam pohybové aktivity na lidské zdraví, kardiorespirační zdatnost, metodiku spiroergometrie, spiroergometrické parametry a porovnat kardiorespirační zdatnost u sportovců a obézních pacientů pomocí statistické metody.

Pro statistické hodnocení rozdílností hodnot spiroergometrických ukazatelů mezi těmito dvěma sledovanými skupinami pacientů využiji statistické metody Studentova nepárového T - testu.

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Obezita

3.1.1 Úvod do problematiky obezity

Charakteristika, Definice obezity

Obezita je závažné chronické multifaktoriálně podmíněné metabolické onemocnění, které je definováno nadměrným uložením tuku na tělesném složení se současným vzestupem tělesné hmotnosti nad normální rozmezí.

Obezitu je nutno chápat jako nemoc a současně důležitý rizikový faktor podílející se na vzniku řady dalších závažných nemocí a komplikací (22, 18, 25).

Nadměrná hmotnost se považuje za šestý nejzávažnější rizikový faktor, který celosvětově přispívá k výdajům za nemoci.

Zvyšující se tělesná hmotnost zhoršuje kvalitu života a zkracuje životní prognózu. Obecně je spojena s vyšší morbiditou a mortalitou ve srovnání s jedinci s přiměřenou tělesnou hmotností.

Obezita v současnosti patří mezi nejzávažnější civilizační onemocnění a v posledních letech se stala hned po kouření nejčastější příčinou úmrtí mezi faktory, kterým lze předcházet.

Obezita je multifaktoriální onemocnění ovlivněné složkou genetickou, biochemickou, hormonální, etnickou, behaviorální, a v neposlední řadě i společensko-kulturním prostředím (16, 22, 4).

Onemocnění se podílí i na zhoršování socioekonomické situace obézního jedince a vede k vzestupu nákladů na zdravotní péči i nákladů mimo zdravotnictví (18).

Nadměrná hmotnost je důsledkem vlivu současných životních podmínek, životního prostředí a životního stylu s velmi častou pozitivní energetickou bilancí.

Obezita vzniká především u geneticky predisponovaných jedinců s nadměrným přísunem živin. Svou roli hraje i současný pokles pohybové aktivity (16).

Lidé s nadváhou jsou zjevně, i když jemně, společností diskriminováni, a to jak ve světě dětí, tak dospělých. Má tedy obrovský dopad na fyzické, duševní a sociální zdraví v mnoha částech světa (30, 22).

Nadváha a obezita postihuje téměř všechny společenské vrstvy obyvatelstva a v poslední době se vyskytuje u stále mladších jedinců, nabývá charakteru celosvětové epidemie.

Na základě těchto údajů Světová zdravotnická organizace (WHO) prohlásila obezitu za pandemií 21. století (22, 16).

Přestože je socioekonomický a zdravotní význam obezity jasně dokumentován, je obezita jako chronické metabolické onemocnění podceňována nejen laickou veřejností nebo politickou reprezentací, ale i zdravotníky.

Podceňování otylosti ze strany lékařů pramení jak z nedostatečných znalostí o příčinách, prevenci a léčbě obezity, tak i z neochoty zdravotních institucí integrovat komplexní péči o obézního pacienta do zdravotního systému. Péče o obézního pacienta vyžaduje komplexní multidisciplinární přístup (16).

3.1.2 Epidemiologie obezity

Nárůst prevalence obezity v rozvinutých a současně i v rozvojových zemích je opakovaně dokumentováno epidemiologickými studiemi, prováděnými v jednotlivých státech i v celosvětovém měřítku.

Kvůli vzestupu prevalence a incidence nadváhy i otylosti v dětské i dospělé populaci a také i na základě výsledků multicentrické studie MONICA (Monitoring of trends and determinants in Cardiovascular diseases), která byla realizována v řadě států světa včetně České republiky, vyhlásila Světová zdravotnická organizace (WHO) v roce 1997 obezitu celosvětovou epidemií a v roce 2002 problém nadváhy za šesté nejdůležitější riziko ohrožující lidské zdraví (18).

Výskyt nadváhy a obezity tedy již dosahuje rozměrů epidemie v celosvětovém měřítku a nejedná se pouze o problém českých a evropských zemí. Obézní je ve většině vyspělých zemí přes 20 %. Ve spojených státech amerických byla obezita a nemoci způsobené špatnou výživou a nedostatečnou fyzickou aktivitou označeny za druhou nejčastější příčinu smrti hned za kouřením (17, 25, 18).

V České republice je každý pátý dospělý jedinec obézní a více než 50 % dospělé populace má nadváhu. Česká republika se v těchto srovnáních nachází z hlediska prevalence nadváhy a obezity na předních místech v Evropě spolu s Řeckem, Německem, Kypr, Anglií a některými východoevropskými zeměmi.

V Evropě má každý třetí obyvatel nadváhu a každý pátý je obézní. Současná celosvětová pandemie obezity je důsledkem změny životního prostředí, životního stylu, které

navozuje pozitivní energetickou bilanci v důsledku konzumace energeticky bohaté potravy a sedavého způsobu života.

K hromadění tukových zásob vlivem pozitivní energetické bilance dochází především u geneticky predisponovaných osob (16, 22, 24).

Závažnost problému, který představuje zvyšování prevalence obezity v Evropě, si uvědomují i představitelé Evropské unie a Světové zdravotnické organizace (WHO), (16).

V dokumentu se uvádí, že na světě je 312 milionů lidí trpících obezitou a 1,1 miliardy lidí s nadváhou.

Prevalence obezity v evropských státech dosahuje 15 – 30 % u žen a 10 – 20 % u mužů. Téměř 400 milionů dospělých Evropanů má nadváhu a téměř 130 milionů je obézních (22).

Jak neefektivněji bojovat s epidemií obezity?

Základem úspěchu je multidisciplinární, interdisciplinární a multimodalitní přístup lékařských a zdravotnických specializací k obéznímu pacientovi.

Své nezastupitelné místo mají prevence ve věku dětském, změna dietních i stravovacích zvyklostí, behaviorální intervence, fyzická aktivita a farmakoterapie. Avšak u obezity II. a III. stupně s BMI >35, resp. 40, má téměř jediný výrazný a dlouhodobý efekt bariatrická léčba (22).

3.1.3 Historie

Obezita byla v historii lidstva prokázána již od prehistorických dob. Důkazem existence obezity i na našem území je soška Věstonické Venuše z jižní Moravy, jejíž obraz používá jako logo Česká obezitologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně.

Již velcí starověcí lékaři jako je Hippokrates a Galén už zmiňovali o obezitě a uváděli i návody k její léčbě. S moderním výkladem obezity, tj. s názorem, že obezita není vždy nemocí z přejídání a že její výskyt je rodinný, se setkáváme u Fleminga před více než 200 lety (25, 16).

Že se nadváha a obezita též vyskytovala ve starověkém Egyptě, a to především u bohatších vrstev, víme na základě antropologického výzkumu a rozboru kožních řas u nalezených egyptských mumií.

Ve starém Řecku nebo Římě byl propagován zdravý životní styl. Lékaři Hippokrates či Galén již v té době poukazovali ve svých knihách na zdravotní rizika otylosti. Galén jako vůdčí osobnost tehdejší medicíny dělil obezitu na přiměřenou a morbidní.

Ve středověku byla v Evropě většina obyvatelstva často vystavena hladomorům. Oproti tomu však přejídání a hojnost kalorického jídla a pití u vládnoucích bohatých panovníků spolu s nedostatečnou pohybovou aktivitou vedlo k časnému výskytu obezity a její bolestivé komplikace dny.

V době baroka byl ideálem krásy v zaoblených tvarech lidského těla. Na tento fakt poukazují různé obrazy a sochy buclatých andělíčků v barokních kostelech a chrámech či kypře postavy na obrazech tehdejších barokních malířů.

Nové pohledy na obezitu přinesla teprve medicína v 18. Století. V roce 1760 prohlásil Fleming na základě svých studií a pozorování velmi moderní a na tehdejší dobu pozoruhodnou tezi: „ne všichni obézní jsou velkými jedlíky a ne všichni štíhlí jedí střídmě“.

Na počátku 19. století byla snaha správně kvalifikovat obezitu a v roce 1836 belgický matematik Quetelet definoval na základě vyšetřování belgické populace index tělesné hmotnosti: Body Mass Index – BMI.

Teprve do první poloviny dvacátého století spadají začátky chirurgické léčby obezity. Na konci 20. Století s extenzivním rozvojem miniinvazivních operačních metod zaznamenala i bariatrická chirurgie obrovský nárůst v medicíně v léčbě těžkých stupňů obezity (16).

3.1.4 Etiologie

Obezita je obecně charakterizována multifaktoriální etiologií. Ke stěžejním příčinám lze zařadit genetickou predispozici, která je většinou polygenního charakteru a na vzniku obezity se podílí až z 50 % (18).

Dlouhodobá pozitivní energetická bilance hraje v etiopatogenezi obezity zásadní roli. Změnil se náš životní styl a s pokrokem moderního života se výdaje energie postupně snižují díky využívání efektivnějších dopravních prostředků, komfortu našich staveb, mechanizace, automatizace a nových způsobů komunikace. Dochází také ke zvýšení energetického příjmu a sedavého způsobu života (18, 24).

Současná strava je charakterizována vysokou energetickou denzitou, na níž se podílí zvýšená spotřeba tučných jídel, slazených nápojů, alkoholu, snížená spotřeba zeleniny a ovoce.

K rozvoji obezity přispívají i některé další faktory jako epigenetické vlivy v průběhu nitroděložního a časného postnatálního života, snížená doba spánku, zvýšená teplota v příbytcích v chladném období a klimatizace v teplých klimatických podmínkách, některá farmaka a konečně i cílený výběr obézních partnerů při uzavírání manželského svazku (22).

Nedílnou součást etiologie nadváhy a obezity představují i psychologické faktory. Obézní často preferují chuť sladkých a tučných jídel. Pozorována je také zvýšená úroveň depresivního ladění.

U osob se základním stupněm vzdělání je prevalence obezity vyšší než u osob s vysokoškolským vzděláním, současně je pozorována zpravidla vyšší prevalence výskytu obezity a nadváhy u žen. Významně vyšší je i výskyt obezity také u skupin s horší sociálně ekonomickou situací (18).

Existují také určitá období, která jsou pro rozvoj obezity velmi významná. První rok života, u dívek v době dospívání, u žen zejména těhotenství, dále menopauza, všeobecně pak stres a určitá období, kdy ubývá fyzické aktivity např. založení rodiny, partnerské či pracovní problémy, ukončení sportovní činnosti, skoncování s kouřením, odchod do důchodu apod. Ale všem těmto nepříznivým faktorům lze úspěšně čelit a jejich působení neutralizovat (34).

Etiologií nadváhy může být také tzv. úsporný metabolismus. Ten je způsoben tzv. úsporným genem, který se objevoval zpravidla v období hladomorů a umožňoval, tak snazší přežití jedince. V současné době je pro svého nositele nevýhodou (17).

3.1.5 Zdravotní rizika obezity

Obezita je spojena s řadou zdravotních rizik, především s vyšším výskytem diabetu 2. typu, hypertenze, kardiovaskulárních chorob, dyslipidémie, degenerativních onemocnění kloubů, onemocnění pohybového aparátu a některých nádorů (16).

Je přesvědčivě dokumentováno, že obezita (především typ abdominální) zvyšuje riziko rozvoje cukrovky 10 – 90krát. Experti vypočítali, že zvýšení hmotnosti v pásmu obezity o 1 kg zvyšuje riziko cukrovky o 9 % (22).

Podle epidemiologických studií některých autorů (25) lze zdravotní rizika obezity rozdělit do 2 skupin:

I. Mechanické komplikace

1. Bolest v zádech
2. Intertrigo
3. Častější výskyt úrazů
4. Stresová inkontinence
5. Otoky a celulitida
6. Varixy
7. Poruchy hojení ran
8. Dušnost a selhání dechu
9. Spánková apnoe
10. Artrózy
11. Pocení

II. Metabolické komplikace

1. Inzulinová rezistence
 2. Diabetes a poruchy glukózové tolerance
 3. Hyperlipoproteinémie
 4. Ischemická choroba srdeční
 5. Hypertenze
 6. Hirsutismus
 7. Cholelithiáza
 8. Některé nádory
 9. Poruchy menstruačního cyklu
 10. Neplodnost
- (25).

3.1.5.1 Obezita a komplikace

Obezita a kardiovaskulární komplikace

Analýza z epidemiologických studií přinesla statisticky validní údaje, které přiřkly obezitě podíl na úmrtnosti z důvodu ischemické choroby srdeční u žen zhruba 25 – 28 %, u mužů 20 %.

Nejen u srdečního infarktu, ale také u celé řady dalších chorob kardiovaskulárního aparátu je prokazován úzký vztah k obezitě. Jedná se zejména o hypertenzi, hypertrofii levé komory srdeční, náhlou smrt, arytmií a iktus.

Obézní jedinci mají obvykle více či méně otoky dolních končetin. Obezita vede k chronické žilní insuficienci a varikóznímu komplexu. Obézní jedinci mají prokazatelně zvýšené riziko onemocnění trombózou hlubokých žil dolních končetin s následnou závažnou komplikací např. plicní embolií (22).

Obezita a komplikace respirační

Dalším důsledkem obezity, v současnosti intenzivně studovaným, je tzv. syndrom spánkové apnoe.

Obezita a onemocnění zažívacího traktu

Dlouhou dobu je známo, že obézní jedinci mají vyšší prevalenci cholelithiázy a vyšší incidenci žlučových kolik.

Obezita a choroby pohybového aparátu

Snad jediný pozitivní vliv lze nalézt ve vztahu k osteoporóze, kdy obézní pacienti mají významně menší prevalenci osteoporózy a také méně osteoporotických fraktur.

Je otázkou, zdali tento relativně příznivý dopad obezity vyváží mnoho ostatních negativních důsledků. Typickou komplikací u obézních osob je artróza nosných kloubů (hlavně kolenních).

Další komplikace

Zvláště u těžce obézních jedinců se v praxi setkáváme s tím, že mají závažné psychické komplikace, a jsou velmi často indikováni k psychoterapii (22).

Vysoce zvýšené riziko (více než 3x vyšší)	Středně zvýšené riziko (2-3x vyšší)	Mírně zvýšené riziko (1-2x vyšší)
Diabetes mellitus	Ischemická choroba srdeční	Nádory (prsů u žen po menopauze, dělohy, tlustého střeva)
Onemocnění žlučníku	Artróza kolenních kloubů	Poruchy pohlavních hormonů
Hypertenze	Zvýšená hladina kyseliny močové v krvi a dna	Syndrom polycystických vaječníků
Porucha metabolismu tuků		Zhoršená plodnost
Snížená odpověď na inzulin		Bolesti v oblasti bederní páteře
Dušnost		Zvýšené riziko anestézie
Syndrom spánkové apnoe		Defekty plodu v důsledku obezity matky

Tab. 1: Riziko vzniku onemocnění u obézních (ve srovnání s normální populací), (17).

3.1.6 Dělení obezity

Obezita vzniká jako multifaktoriální působení řady subjektivních i objektivních etiologií. Z tohoto pohledu lze obezitu rozlišovat na primární a sekundární.

Primární (alimentární obezita)

Tento typ obezity vzniká jako důsledek nerovnováhy energetické bilance, kdy příjem energie je vyšší než výdej. Pozitivní energetická bilance znamená, že její nadbytek se ukládá ve formě tukových rezerv.

Primární alimentární obezita vzniká nezávisle na jiném onemocnění především v dospělosti, ale v současnosti je stále častěji prokazována i u pacientů v dětském věku. Na vzniku primární alimentární obezity se podílí řada endogenních i exogenních faktorů.

Endogenní faktory ovlivňující vznik obezity

Mezi endogenní faktory se řadí především genetická predispozice. K dalším endogenním faktorům patří poruchy termogeneze v hnědé tukové tkáni, jejichž důsledkem je zvýšení ukládání tukových zásob do rezervy.

K další etiologii, které endogenně působí na příčinu obezity, patří porucha sodíkové pumpy, vyšší aktivita lipoproteinové lipázy, relativní nebo absolutní hyperfagie.

Exogenní faktory ovlivňující vznik obezity

- 1) Strava a její složení
 - a) Kvantitativní stránka stravy
 - b) Kvalitativní stránka stravy
 - c) Vláknina a její význam ve výživě člověka
- 2) Vztah k metabolismu cukrů
- 3) Vztah k metabolismu tuků
- 4) Dále frekvence konzumované stravy, psychické a emoční podněty, výdej energie

Sekundární obezita

Tento typ obezity vzniká v příčinné souvislosti se základní chorobou jako jeho následek. Dochází k poruchám energetiky endogenních metabolických pochodů, přičemž energetická bilance (příjem a výdej) je většinou vyrovnána (4).

Obezita typu jablka a obezita typu hrušky

Množství tukové tkáně je pouze jednou z důležitých charakteristik obezity. Druhou je rozložení tukové tkáně, které ovlivňuje rozvoj dalších chorob vznikajících jako důsledek nadváhy a obezity (17).

Podíl tuku v organismu je určován věkem, pohlavím nebo etnickým charakterem populace. Je-li tuk uložen převážně v oblasti hrudníku a břicha, jedná se o obezitu útrobní, viscerální, nebo také obezitu androidního, mužského typu, tento typ obezity se také nazývá obezitou tvaru jablka.

Obezita charakterizovaná uložením tuku spíše na hýždích, stehnech a v podkoží, jedná se o typ obezity gynoidní, ženský a nazývá se obezitou tvaru hrušky (17, 16).

Tento typ obezity je méně rizikový z hlediska vzniku některých chorob vznikajících v souvislosti s obezitou. To platí především pro obezitu nižšího stupně (17).

3.1.7 Diagnostika obezity

Diagnostiku nadváhy a obezity je možno rozdělit na oblast anamnestickou, klinické vyšetření, antropometrické sledování, měření tělesného složení a vyšetření biochemické. Výše uvedené postupy jsou základním předpokladem pro stanovení diagnózy obezity a nadváhy a pro stanovení léčebného postupu.

Nedílnou součástí diagnostiky je celkové klinické vyšetření v rozsahu komplexního vyšetření praktickým lékařem včetně objektivizace aktuálního krevního tlaku a tepové frekvence nemocného (18).

ANAMNÉZA

Důkladná anamnéza u obézních pacientů je často významnější než laboratorní či fyzikální diagnostika.

V osobní anamnéze se ptáme na všechny závažné choroby a anamnéza by měla být vyčerpávající, jako při vyšetření na interním oddělení. Nezapomeneme se zeptat na všechny složky metabolického syndromu, na výskyt hypertenze, cukrovky, dalších onemocnění a jejich komplikací, např. ischemické choroby srdeční, iktus apod.

ORIENTAČNÍ PSYCHOLOGICKÉ VYŠETŘENÍ

Při jakýkoliv pochybnostech o závažnosti psychického stavu nemocného, požádáme o psychologické, či psychiatrické vyšetření.

FYZIKÁLNÍ VYŠETŘENÍ

Při vstupním vyšetření pacienta je nezbytné úplné interní fyzikální vyšetření. Obezita je však provázena polymorbiditou a záchyt dalších onemocnění je velmi častý. Minimálně je třeba změřit krevní tlak, pacienta zvážit a u každého nemocného by měl být změřen obvod pasu.

LABORATORNÍ VYŠETŘENÍ

Je velkou chybou pacienta laboratorně nevyšetřovat. Z vyšetření je nejdůležitější pravidelné vážení. Důležitější než absolutní správnost hodnoty hmotnosti je sledování její průběžné změny (25).

Další možností vyšetření je antropometrie, kdy je kaliperem měřena tloušťka kožních řas na definovaných místech těla. Pro správné výsledky je nutná dostatečná erudice nemocného a zpravidla se používá jen na specializovaných pracovištích (18).

Však nejjednodušším a obecně nejpoužívanějším ukazatelem je tzv. hmotnostní index Body mass index, BMI (Tab. 2), tedy výpočet z tělesné váhy a z tělesné výšky - hmotnost v kg / (výška v m)² (17).

Tělesnou hmotnost pak podle BMI klasifikujeme takto:

BMI	Klasifikace	Zdravotní rizika
< 18,5	podváha	vysoká
18,5 - 24,99	optimální váha	minimální
25 - 29,99	nadváha	nízká až lehce vyšší
30 - 34,99	obezita I. stupně (mírná)	zvýšená
35 - 39,99	obezita II. Stupně (střední)	vysoká
> 40	obezita III. Stupně (morbidní)	velmi vysoká

Tab. 2: Tělesná hmotnost klasifikována podle BMI (8).

Použití BMI je tedy celosvětově uznávaným měřítkem pro stanovení diagnózy obezity a nadváhy, zároveň může sloužit i jako ukazatel životní prognózy a rizika většiny komplikací otylosti (25).

BMI však může být často zavádějící, protože nerespektuje robusticitu svalů a kostí. Např. kulturista s BMI přes 30 může mít třeba jen 5% tělesného tuku, takže z pohledu podílu tukové tkáně je velmi štíhlý. Avšak ani tělesný tuk nepodává nejpřesnější informaci o tělesném složení. Např. kulturista, maratonec a baletka mohou mít stejné procento tělesného tuku (5-7%), ale jejich morfologicko-funkční dispozice jsou zcela odlišné. Nejspolehlivějším ukazatelem tělesného složení je však somatotyp, který kvantitativně vyjadřuje podíl mezomorfní (svaly a kosti), endomorfní (tuk) a ektomorfní (štíhlost) komponenty (29).

DALŠÍ POMOCNÉ VYŠETŘOVACÍ METODY

Metody měření podílu tuků v těle

- a) Měření kožních řas
- b) Měření vodivosti těla - impedance
- c) Podvodní vážení se stanovením hustoty těla
- d) Ultrazvuk
- e) CT
- f) Měření celkové tělesné vody, např. tritiem označenou vodou
- g) Dvou-fotonová denzitometrie používaná zejména v osteologii
- h) Měření bez tukové tělesné hmotnosti izotopem kalia
- i) Neutronová aktivační analýza

Principem těchto vyšetření je vedle stanovení tělesného tuku i stanovení podílu vody a tukuprosté tělesné hmotnosti, především svalů. Stanovujeme většinou fyzikální veličinu, která je ovlivněna všemi tělesnými oddíly. Nejdostupnější z těchto metod je měření kožních řas. Další zmíněné metody jsou pro běžnou praxi buď drahé anebo nedostupné a provádějí se méně často.

Proto byl již před více než sto lety zaveden tzv. Queteletův index, který je dnes celosvětově označován jako body mass index (BMI) viz výše (25).

3.1.8 Léčba Obezity

Léčba obezity představuje jednak léčbu základní nemoci, ale současně i prevenci dalších závažných zdravotních komplikací (17).

Základním cílem léčby obezity je redukce hmotnosti, redukce tukových zásob, zejména redukce viscerálního tuku. Neméně důležitá je správná léčba nemocí komplikujících obezitu, jako je hypertenze, cukrovka 2. typu, snížení kardiovaskulárních a metabolických rizik hyperlipidémie a další. Léčba obezity příznivě ovlivňuje morbiditu a zlepšuje kvalitu života obézního pacienta (25, 16).

Léčbu obezity většinou zahajujeme u jedinců s BMI nad 30. U jedinců, kteří mají nadváhu, se obezita léčí pouze v případě, že se u nich vyskytují jiná onemocnění (17).

Komplexní léčbu obezity lze rozdělit celkem na 5 postupů: Na oblast dietních opatření se zvýšenou pohybovou aktivitou, využití kognitivně behaviorálních psychoterapeutických

postupů, využití cílené farmakoterapie a na bariatrickou chirurgickou léčbu u těžkých stupňů obezity. První tři postupy jsou základní, bez nich obezitu léčit prakticky nelze (18, 25).

Základním předpokladem úspěšné léčby obezity je pozitivní motivace pacienta k hubnutí, vypracování individuálního terapeutického plánu, stanovení reálných cílů a pravidelná kontrola efektivity zvoleného postupu.

FYZICKÁ AKTIVITA

Postupné zvyšování fyzické zátěže, především v mimopracovních pohybových aktivitách, ve volném čase, maximu pohybu v běžných činnostech se podílí na prohlubování negativní energetické bilance (18, 25).

Za vhodnou fyzickou aktivitu je považována chůze, plavání, dostatečně dlouhotrvající pohybová aktivita o nižší intenzitě, jízda na kole nebo rotopedu.

Za nevhodné lze považovat všechny fyzické aktivity, při kterých dochází k opakované nepřiměřené zátěži kardiovaskulárního, plicního, případně i pohybového systému. Cvičení vytrvalostního charakteru o mírné intenzitě příznivě ovlivňuje metabolickou zdatnost organismu (18).

DIETNÍ LÉČBA OBEZITY

Přirozená chuť k jídlu je příznivou zprávou, známkou dobré kondice a uzdravení, ale léčba obézních pacientů je vždy založena na navození negativní energetické bilance, kdy příjem energie je menší než její výdej (27, 25).

Základem úspěchu redukční diety je její dlouhodobé dodržování. K udržení dosažené hmotnosti po redukci váhy je důležité pokračovat dále v zahájené změně životosprávy, tedy v racionální redukční dietě a zvýšené fyzické aktivitě (17).

V některých literaturách je uvedena dieta podle krevních skupin. Teorie vychází z tvrzení, že je to právě krev, co ovlivňuje reakci lidského těla na některé potraviny. Některé zpracovává organismus snáze, jiné hůře, podle toho jakou máme krevní skupinu (34).

PSYCHOTERAPIE

Psychologická a někdy i psychiatrická péče je již dnes nedílnou součástí komplexního přístupu při terapii nadváhy a obezity v obezitologických centrech (22).

FARMAKOTERAPIE

Cílená farmakoterapie je samozřejmou součástí komplexního léčebného postupu v ambulantní praxi praktického lékaře.

Farmakoterapii lze s úspěchem použít u nemocného k prohloubení efektu redukční diety, k zajištění dlouhodobého snížení tělesné hmotnosti a ke stabilizaci úbytku váhy. Farmakoterapie je indikována u nemocného s BMI ≥ 30 kg/m² a u nemocného BMI nad 27 kg/m² s komplikacemi (DM 2. typu, hypertenze, dyslipidémie), které nejsou kontraindikací pro podávání příslušného léku (18).

Léčba farmaky je v každém případě především pomocná a bez současně dodržení dietních zásad nemůžete mít úspěch (25).

Žádná farmakologická léčba nevede k zřetelnému zlepšení stavu a prognózy pacienta, pokud se nekombinuje se sníženým příjmem jídla a se zvýšenou pohybovou aktivitou (22).

CHIRURGICKÁ LÉČBA

U morbidní obezity komplexní konzervativní postup včetně farmakoterapie většinou nepostačí k adekvátní redukci váhy. Při selhání konzervativní terapie je indikována u nemocného s morbidní obezitou (BMI ≥ 40) a u nemocného s (BMI 35 - 39,9) v přítomnosti závažných zdravotních komplikací (kardiovaskulárních, metabolických, pohybových apod.) chirurgickou léčbu (16).

Bariatrická chirurgie (= chirurgie obezity) se provádí k omezení příjmu stravy (restrikční metody) nebo k navození stavu malabsorpce (malabsorpční metody), (18).

Ve velké většině případů se u nás provádí gastrická bandáž žaludku, která patří mezi restriční metody. Gastrická bandáž je prováděna na základě indikace obezitologa u jedinců s nedostatečnou odpovědí na konzervativní terapii obezity včetně farmakoterapie po cíleném komplexním vyšetření včetně vyšetření psychologického.

Metoda se provádí na specializovaných pracovištích. Mezi malabsorpční výkony patří např. gastrický by-pass (18).

Je důležité si uvědomit, že chirurgická léčba obezity významně snižuje zdravotní komplikace, příznivě ovlivňuje morbiditu a zlepšuje prognózu. Po chirurgické léčbě obezity se především zlepšuje citlivost na inzulín a u diabetiků se často normalizuje glykemický profil.

Je třeba vzít na vědomí, že správně indikovaný výkon bariatrické chirurgie při dlouhodobém sledování pacienta snižuje mortalitu o 25 %, resp. o 50 % v závislosti na charakteru prováděné metody (16).

Lékař i obézní pacient si musí uvědomit, že léčba nadváhy a obezity je celoživotním údělem a významně snižuje zdravotní rizika, která provázejí obezitu (16).

Je velmi důležité, aby se pacient stal aktivním účastníkem léčby. Pacient musí léčbu sledovat vlastním vážením, bez toho nemůže být terapie úspěšná. Je dobré nemocného motivovat ke kolektivní léčbě např. do redukčního klubu. Motivace k pravidelné pohybové aktivitě je tedy extrémně důležitá (25).

3.1.9 Doporučení a rady pro obézní pacienty

Současné způsoby léčby obezity (dietní a pohybová doporučení, farmakologická léčba, ale i chirurgie obezity) se stále neobejdou bez dlouhodobého samostatného a aktivního přístupu pacienta k léčbě.

Závěr

- Rovnoměrné rozdělení energie a sacharidů během celého dne, zařadit chůzi (minimálně 30 min. denně) a dle možnosti ji ještě prodloužit.
 - V jídelníčku snížit porce jídel alespoň o 1/3 nebo až polovinu.
 - Pamatovat, že léky nemohou nahradit efekt pohybové aktivity a stravy.
 - Omezení kuchyňské soli je plně adekvátní u všech obézních pacientů, důvodem je jak častá kombinace s vysokým krevním tlakem a otoky, tak stimulační efekt soli povzbuzující chuť k jídlu
 - Při kombinaci obezity s diabetem platí pravidla, pohyb a správně zvolená strava (svým složením a množstvím) jsou základem pro lepší výsledky.
 - Pravidelná péče o nohy, zejména u obézních diabetiků, je prevencí zdravotních komplikací.
 - S kouřením je třeba přestat, neboť u obézních má vysoké riziko postižení cév, srdce, mozku a dolních končetin.
 - Není vhodné prudké snížení hmotnosti s následným vzestupem (tzv. jojo efekt), lépe je dodržovat pomalý pokles, ale udržení snížené hmotnosti.
 - Pamatovat na soustavnost a vytrvalý zájem o snížení tělesné hmotnosti.
- (25, 22).

3.2 Úvod tělovýchovného lékařství. Vliv pohybové aktivity na lidský organizmus.

Pohybová aktivita a zdraví

3.2.1 Úvod do tělovýchovného lékařství

Tělovýchovné lékařství (TVL) neboli sportovní medicína je klinický obor, který se zabývá vztahem člověka a sportu v diagnostice, léčbě a prevenci.

Pracuje cíleně s osobami všech věkových kategorií. Zaměřuje se na osoby nemocné a oslabené v podmínkách fyzické zátěže, kde fyzická výkonnost je limitována chorobou.

Zabývá se hlavně chorobným procesem, kde je fyzická aktivita součástí léčby i prevence sekundární. U zdravých osob posuzuje sportovní medicína schopnost k pohybovým aktivitám, hodnotí tělesný rozvoj a přispívá k prevenci nemocí (1, 29).

Dnes je již dobře známo, že fyzická aktivita hraje v životě člověka velmi důležitou roli. Má pozitivní vliv na lidské zdraví a to ať již jde o zdravého sportovce či nemocného pacienta, který chce zlepšit svůj zdravotní stav (13).

Protože lidské zdraví může být pomocí pohybových aktivit zlepšeno nebo zhoršeno a dotýká se celého lidského organismu, je tělovýchovné lékařství interdisciplinárním oborem.

TVL se zabývá také problematikou dopingů, jelikož původní čistota sportu, radost z pohybu, založená na pocitu pohody, štěstí a sebeuspokojení, mizí. Je nahrazována jinými, novými hodnotami. Nastupuje prestiž, komerce a samozřejmě popularita a peníze, sport se stává obchodem (29, 23).

Tělovýchovné lékařství dále spolupracuje s dalšími lékařskými obory. Využívá pracovní náplně těchto oborů a současně pro ně provádí některá konziliární vyšetření (14).

3.2.2 Vliv pohybové aktivity na lidský organizmus

Pohybová výchova je významnou součástí integrálního vzdělávání. Její proces je specificky zaměřený na pozitivní ovlivňování fyzického a duševního zdraví, pohybového, funkčního a tělesného vývoje člověka. Zaměřuje se na formování psychických, morálních a dalších vlastností osobnosti.

Pomocí cílených pohybových programů a sportu dochází k posilování operativní kapacity jednotlivce (jeho psychické a fyzické jednoty), ke zvyšování pozitivních vazeb, ke zlepšení kvality života (19).

Pohybová aktivita je spolu se správnou zdravou výživou, nekouřením, duševní hygienou, kontrolou hypertenze a abúzu alkoholu to hlavní, co člověk může vykonat pro svoje dobré zdraví a prevenci nemocí. Nesprávný životní režim současné populace se nejvíce projevuje na výskytu kardiovaskulárních a metabolických onemocnění (31, 29).

Pohybová aktivita má pozitivní účinky na lidský organizmus nejen v podobě zvýšené tělesné zdatnosti a lepší kondice, ale zlepšuje výrazně také duševní stav, zvládání stresu.

Po zátěži přijde pocit uvolnění a někdy až euforie. Ta má své biochemické opodstatnění v podobě tvorby speciálních tzv. endorfinů a enkefalinů, které si organizmus vytváří v průběhu fyzické zátěže a pohybové aktivity při poměrně vysoké intenzitě cvičení. V mozku pak u člověka navozují subjektivně příjemný pocit a kladné emotivní ladění.

Proto se může také stát sport svým způsobem „drogou“, kterou lékaři po celém světě doporučují a podporují. Pohybem se uvádí do chodu řada reakcí na zátěž, jejichž důsledkem je zlepšené prokrvení některých orgánů, zvláště svalů a přívod kyslíku do mozku je zlepšen (32).

Sporty a hry jsou i zásadní pro zdravý vývoj dítěte, učí děti základní životní hodnoty a dovednosti, jako je týmová práce, spolupráce a respekt. Tyto faktory pomáhají vybudovat odolnost, získat důvěru, vytvoří smysluplné pozitivní myšlení a mají pozitivní vztah k výuce. Aktivní děti rostou do aktivních zdravých dospělých osob (20).

3.2.2.1 Význam pohybu jako součásti zdravého životního stylu

- Fyziologický, psychický, sociální
- Zvýšení kardiopulmonální výkonnosti a zvýšená účinnost periferní hemodynamiky
- Metabolické změny v trénovaných svalectech na celulární a subcelulární úrovni
- Pokles hladiny triglyceridů a zvýšení HDL-cholesterolu
- Pokles hladiny katecholaminů v séru, v klidu i při zátěži
- Zvýšená tolerance vůči stresu
- Zvýšení kontraktility myokardu, vliv na koronární morbiditu a mortalitu
- Chrání před některými chorobami
- Zvyšuje výkonnost orgánů
- Relaxační, kompenzační a regenerační vliv
- Vliv na poznávací procesy ve smyslu zrychlení reakce

- Emocionálně - prožitkový vliv, vliv na rozvoj tvořivosti
- Vliv na integritu osobnosti
- Vliv stimulační („dráždicí“)
- Vliv na odolnost proti neúspěchu a úměrnost při úspěchu

Každé cvičení má jiný psychologický a fyziologický účinek na organismus (19, 5, 31). Rozvíjení pohybových aktivit má významný vliv na utváření a rozvoj osobnosti jedince.

Pohybovými aktivitami cíleně působíme na rozvoj mnoha psychických funkcí, jako je např. paměť, pozornost, fantazie, myšlení apod. Pravidelná pohybová aktivita tedy přináší řadu výhod.

Během pohybu dochází ke změnám krátkodobým i dlouhodobým. Pro léčbu obezity jsou významné zejména dlouhodobé změny (19, 6).

Optimální frekvence cvičení je 5 krát týdně nebo denně. Optimální doba cvičení je 40-60 minut (28).

3.2.3 Pohybová aktivita a zdraví

Řízená pohybová aktivita působí blahodárně na řadu civilizačních chorob především na obezitu, diabetes II. typu, hypertenzi, osteoporózu a ischemickou chorobu srdeční.

Avšak nesprávně aplikovaná fyzická aktivita může pacientovi více uškodit než prospět. Proto je její odborné řízení, ať již metodické nebo přímé, podmínkou její maximální účinnosti při zachování pacientovy bezpečnosti (13).

Přiměřená pohybová aktivita je nedílnou součástí života už od nejútlejšího věku. Pohybová aktivita je základní potřebou dětského věku. Její funkce spočívá ve stimulaci vývoje, v jeho příznivém ovlivňování, v rozvíjení funkcí jednotlivých orgánů i organismu jako celku.

S nástupem puberty dochází k nástupu jiných zájmů, omezení pohybových činností a k poklesu tělesné zdatnosti. Cílem TVL je využít u mládeže motivující soutěživosti a zafixovat pozitivní vztah k pohybu pro celý život.

Ve třetí dekádě věku se začínají výrazně projevovat rizikové faktory kardiovaskulárních onemocnění a to zejména kouření, obezita a pohybová inaktivita.

Proto by právě v tomto období měl být používán rekreační sport, doplněný cvičením kondiční gymnastiky, jako aktivní forma regenerace tělesných a duševních sil a též k prevenci zdravotních rizik.

U sportujících totiž na 10let věku ubývá jen 1% komplexně hodnocené zdatnosti, zatímco u nesportujících 8 % na dekádu.

Mezi třiceti a padesáti lety věku začínají působit rizikové faktory ICHS, jako hypertenze cukrovka či hyperinzulinémie.

Známky ischemie myokardu či jiné závažné onemocnění, které se v klidu nebo za běžných životních podmínek nemusí projevit, se mohou manifestovat až při namáhavějším fyzickém výkonu a vést k poruše zdraví.

Mezi padesáti a šedesáti lety věku je nejvhodnější aktivitou chůze jako nejzákladnější forma pohybové aktivity. Hodí se i plavání, aqua-aerobik, turistika, pro ty, kteří ovládají techniku i jízda na kole a lyžařská turistika (29, 1).

Efekt pohybu na zdraví

Základem je správně dávkovaná fyzická aktivita a závodění s dostatečnou regenerací. Dále se uplatňuje správná životospráva, racionální výživa, vyrovnaný duševní stav a zátěž v neznečištěném prostředí (1).

- Chrání před srdečně - cévními onemocněními, aterosklerózou, srdečním infarktem, cévní mozkovou mrtvicí, vysokým krevním tlakem a embolií.
- Snižuje riziko vzniku rakoviny – jednak celkově (celkový „proti-nádorový efekt“), jednak je prokázán preventivní efekt proti vzniku některých nádorů, zejména tlustého střeva, konečníku, prsu, dělohy, ale i nádorů plic.
- Snižuje riziko vzniku diabetu II. typu.
- Je prevencí i léčbou obezity.
- Je prevencí osteoporózy.
- Je prevencí mnoha poruch pohybové - podpůrného aparátu (bolesti zad, potíže s páteří apod.).
- Je prevencí potíží s trávicím systémem (zácpa, hemeroidy).

Zlepšuje mnoho funkcí a parametrů lidského těla:

- Zvyšuje výkon srdečně - cévního systému, snižuje se klidová tepová frekvence.
- Snižuje krevní tlak (ale současně pomáhá i při nízkém tlaku).
- Zlepšuje složení krevních tuků – snižuje LDL cholesterol a zvyšuje prospěšný HDL cholesterol.

- Udržuje přiměřenou tělesnou hmotnost.
- Zvyšuje množství aktivní svalové hmoty.
- Zpevňuje tělo (tzv. svalový korzet, vazy, kůži a podkoží).
- Podporuje a zlepšuje činnost imunitního systému.
- Zlepšuje metabolismus látkové přeměny.
- Zlepšuje respirační funkce.
- Zlepšuje psychické zdraví, zvyšuje sebevědomí, duševní výkonnost a odolnost organismu.

(7)

3.3 Kardiorespirační zdatnost. Metodika spiroergometrie. Spiroergometrické parametry

3.3.1 Kardiorespirační zdatnost

Je jeden z parametrů nejdůležitějších faktorů pro uchování zdraví, a rovněž je nejvýznamnějším ukazatelem určujícím celkovou zdatnost organismu.

Dává srdci a cévnímu systému schopnost dopravovat krví dostatek kyslíku k pracujícím svalům. Pokud není přívod kyslíku dostatečný, projevuje se to únavou, dechovou nedostatečností a bolestí ve svalech (6).

3.3.1.1 *Význam kardiorespirační zdatnosti pro zdraví*

Vysoká kardiorespirační zdatnost významně snižuje riziko srdečně-cévních chorob a jejich negativní důsledky. Je pochopitelné, že zdatné srdce a cévní systém jsou méně náchylné k nejrůznějším onemocněním a dokáží se s nimi i lépe vyrovnat.

Kardiorespirační zdatnost je součástí tělesné zdatnosti, která může být posuzována z řady hledisek. V zásadě ji však určují především tři hlavní oblasti:

- **Kardiorespirační zdatnost**
- **Svalová síla a vytrvalost**
- **Flexibilita**

Ty jsou rozhodující pro zdravotně orientovanou zdatnost, mají tedy nejvýznamnější souvislost se zdravím. Pokud hovoříme o výkonově orientované sportovní zdatnosti, potom kromě výše uvedených jsou důležité i další prvky zdatnosti, jako je rychlost, reakční čas, nervově-svalová koordinace a rovnováha.

Svalová síla a flexibilita jednak umožňují vést jedinci aktivní život a zároveň jsou prevencí nejrůznějších degenerativních chorob pohybového aparátu.

Pevný svalový korzet usnadňuje správné držení těla, ochablé svaly a svalové nesouhry vedou k vertebrogenním poruchám, bolestivým stavům a blokádám v oblasti krční páteře, zad, ramen a degenerativním poruchám kloubů a šlach.

Není pochyb, že člověk celkově fyzicky zdatný je odolnější vůči prakticky všem onemocněním. A v neposlední řadě je odolnější vůči duševní zátěži a dokáže se s ní i lépe vyrovnávat (6).

Zdatnost se dá zvýšit pouze tréninkem, tedy pravidelně prováděným pohybem a cvičením. V podstatě jakákoliv fyzická aktivita zvyšuje zdatnost. Různé složky zdatnosti jsou posilovány v závislosti na druhu aktivity. Míra efektu záleží na intenzitě pohybové aktivity, délce trvání a frekvenci opakování.

Tělesná zdatnost závisí tedy na vytrvalosti, síle svalové, pohyblivosti kloubní a složení těla.

Cvičení a tělesná zdatnost

Cvičení relaxační příznivě působí na fyzický i psychický stav, jsou prevencí stresů, a tím i civilizačních chorob. Tato cvičení nemají hlavní, přímý vliv na tělesnou zdatnost jedince.

Cvičení protahovací nám pomáhají dosáhnout optimálního protažení svalů, kompenzují jednostranné přetěžování pohybového systému a přispívají i k celkovému uvolnění organismu.

Cvičení kondiční udržují naše svaly zpevněné, zachovávají minimální sílu svalovou, zvyšují výkonnost srdce, plic, cév apod. Kondiční cvičení zvyšují výkonnost kardiorepiračního systému (zlepšují kardiorepirační vytrvalost).

Cvičení kardiorepirační vytrvalosti

Pro tento rozvoj je důležitá práce velkých svalových skupin, dynamického charakteru. Tato cvičení vyžadují především velkou intenzitu, 50 a více % maximálního zatížení.

Rozvíjení kardiorepirační vytrvalosti je nejlépe venku mimo byt. Vhodným cvičením jsou: rychlá chůze, běh, jízda na kole, plavání, jízda na bicyklovém ergometru či rotopedu aj. (31).

3.3.2 Metodika Spiroergometrie

Je metoda stanovení aerobní kardiorespirační zdatnosti analýzou vydechovaného vzduchu při maximálním fyzické zátěži a při známém složení vdechovaného vzduchu.

Provádí se z důvodů zjištění maximální spotřeby kyslíku VO_{2max} většinou v laboratoři, nejčastěji na bicyklovém ergometru.

Ze všech zátěžových metod je spiroergometrie nejkompexnější test funkčních schopností člověka a představuje nejlépe vypracovanou formou vyšetření transportního systému pro kyslík (1, 29).

Velikost VO_{2max} se udává v ml/min/kg hmotnosti nebo l/min. VO_{2max} závisí na věku a pohlaví a je do značné míry ovlivněn geneticky. Ke spiroergometrii se používají přístroje s otevřeným systémem, to znamená, že vyšetřovaná osoba vdechuje vzduch z místnosti o známém složení a vydechovaný vzduch je analyzován přístrojem.

Kapacita transportního systému udávaná hodnotou maximální spotřeby kyslíku může být negativně ovlivněna chorobou nebo poškozením funkce kterékoliv části transportního systému např. plic či plicní cirkulace, srdce, krve a periferní cirkulace (1).

3.3.2.1 *Indikace spiroergometrie*

Fyzická zdatnost:

Základní indikací této metody u zdravých sportovců je zjišťování vlivu tréninku na fyzickou zdatnost. Změna tréninku, změna prostředí, změna stravy, duševní zátěž, změna biorytmu a další faktory mohou ovlivnit fyzickou zdatnost sportovce, ať již v negativním či pozitivním smyslu.

Zajímá nás, do jaké míry se změnila kardiorespirační zdatnost.

Volba vhodné sportovní disciplíny:

U mladých zvláště začínajících sportovců pomůže spiroergometrie při volbě nejvhodnější sportovní disciplíny. Maximální aerobní kapacita VO_{2max} je rozhodujícím kritériem pro dosažení dobrých vytrvalostních výkonů. Podprůměrné hodnoty znamenají naopak malou šanci dosáhnout ve sportovní kariéře dobré výsledky ve většině sportovních disciplínách.

Většina autorů se shoduje v názoru, že geneticky vrozená složka činí asi 60 % a získaná složka aerobní zdatnosti tj. tréninkem ovlivnitelná asi 40 %.

Preskripce pohybové aktivity:

Preskripce pohybové aktivity rozumíme stanovení optimální týdenní frekvence tréninku, stanovení doby trvání jedné tréninkové jednotky a zejména pak optimální intenzity tréninkové zátěže, která bude pro daného sportovce či pacienta co nejvíce efektivní, aby vedla k výraznému zvýšení tělesné zdatnosti, přitom však, aby u sportovce či pacienta nevyvolala negativní pocity nebo dokonce, aby nedošlo k přetížení nebo k chronickému přetrénování organismu.

Prevence zdravotních komplikací:

Běžné klinické vyšetření v klidových podmínkách nemusí odhalit patologické změny, které se často projeví v plné míře až při fyzické zátěži.

Mezi nejčastější patologické příznaky patří u mladších jedinců nejrozumnější poruchy srdečního rytmu, u osob starších 40 let pak ischemické změny na EKG a hypertenzní reakce na zátěž.

Spiroergometrie je indikována obzvláště u jedinců s pozitivní rodinnou anamnézou (ischemická choroba srdeční u rodičů mladších 60 let, dyslipidémie, kardiomyopatie, náhlá smrt, arteriální hypertenze a další).

Diferenciální diagnostika bolestí na hrudi:

Spiroergometrie, jejíž nedílnou součástí je zátěžové EKG, je velmi často indikována především z důvodů diferenciální diagnostiky bolestí na hrudi. Je přitom třeba odlišit bolesti na hrudi od bolesti jiného původu.

Hodnocení efektu léčby:

Pomocí tohoto vyšetření je možné sledovat, jak se změní funkční schopnosti pacienta po aplikaci terapie. Může jít jak o léčbu konzervativní, tak i o léčbu chirurgickou.

U zdravých osob vede aplikace betablokátorů ke snížení maximální aerobní kapacity, poklesne maximální minutový srdeční výdej i maximální spotřeba kyslíku a tím i maximální výkon.

Naproti tomu u kardiaků, kteří jsou limitováni ICHS, může podání betablokátoru naopak zvýšit maximální tolerovanou zátěž. Medikamentózní snížení myokardiální spotřeby kyslíku tak vede ke zvýšení tolerované zátěže a tím i zvýšení výkonu.

Odhalení skrytých onemocnění:

Při zátěžovém vyšetření je také možné včas odhalit některé choroby, které by při standardním klidovém vyšetření mohla probíhat skrytě.

Obdobně je možné odhalit dosud latentně probíhající ischemickou chorobu srdeční, ischemickou chorobu horní a dolní končetiny, poruchy srdečního rytmu, kardiomyopatii apod.

Posudková hlediska:

Pomocí zátěžového vyšetření je možné objektivizovat funkční postižení pacienta, v klinické medicíně běžně užívaná funkční klasifikace NYHA (New York Heart Association), (29).

Bicyklová ergometrie

V Evropě patří mezi nejběžnější dynamické vyšetřovací metody. Provádí se v kombinaci se zátěžovou elektrokardiografií.

Základním přístrojem je upevněný bicykl. Pacient je napojen na elektrody, které kontinuálně snímají EKG. Jeho výhodou je, že i při velké fyzické zátěži zůstává horní polovina těla relativně v klidu, a tak je poměrně málo rušen současně snímáný EKG záznam, je možné měřit krevní tlak, odebírat vzorky krve během vyšetření apod.

Nevýhodou bicyklového ergometru je, že klade velké nároky na svalstvo DK (dolních končetin). Důsledkem pak je značná lokální únava, která může být limitujícím faktorem dosaženého výsledku.

Někdy se stane, že lokální svalová únava nastane ještě dříve, než dojde k vyčerpání kardiorepiračního systému.

Tím je pak výsledná hodnota VO_{2max} zkreslena, protože vyčerpání nebylo úplné, neboť je naměřena jen VO_2 submax. U takového pacienta či sportovce můžeme stanovit VO_{2max} jen pomocí běhacího koberce.

Další jeho nevýhodou je, že na bicyklovém ergometru není možné dosáhnout absolutně nejvyšší hodnoty VO_{2max} .

Moderní testovací linky jsou napojeny na počítač se softwarem, který dovoluje nastavit měřené veličiny předem, zobrazuje průběžné EKG, tepovou frekvenci, zaznamenává změřené hodnoty krevního tlaku a získané údaje lze vytisknout.

(1, 29).

3.3.3 Spiroergometrické parametry

a) Tepová frekvence, TF (Heart rate, HR)

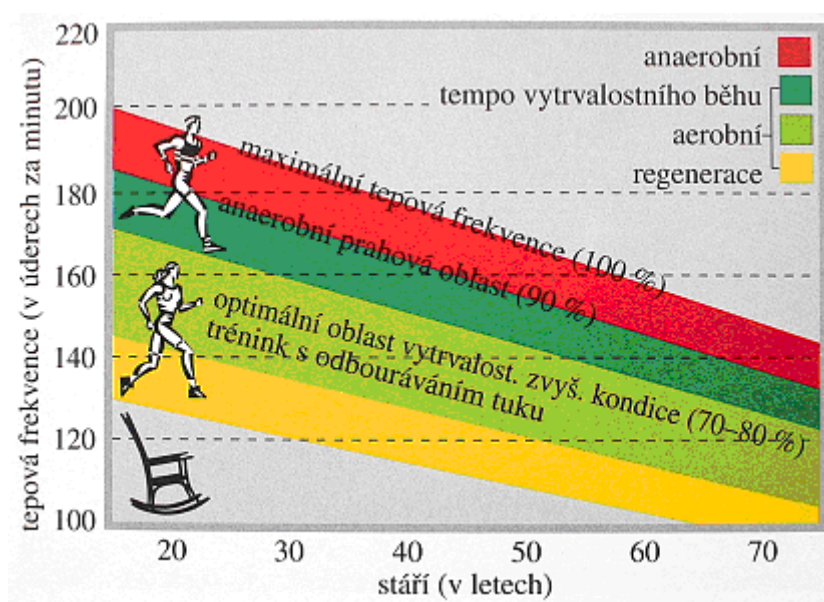
Počet srdečních tepů za minutu je velmi důležitým ukazatelem optimální intenzity fyzické zátěže. Je-li její odpověď nedostatečná, mluvíme o hypokinetické reakci, naopak, je-li příliš zvýšená, jedná se o reakci hyperkinetickou.

V klidu dosahuje u netrénovaných kolem 70 tepů/min, u vysoce trénovaných osob jen 30-40 tepů/min. (3).

V běžné rutinní praxi se používá pro odhad maximální tepové frekvence vzorec „ $TF_{\text{refer}} = 220 - \text{věk}$ “. Pro cyklistiku a bicyklový ergometr $TF_{\text{refer}} = 210 - \text{věk}$.

Tento rozdíl je dán tím, že při běhu jsou zatěžovány dynamicky téměř všechny kosterní svaly, zatímco u cyklistiky pracují svaly horní poloviny těla převážně staticky (izometricky), (29).

V obr. 1 zobrazuje závislost vhodné tepové frekvence při pohybové aktivitě na věku.



Obr. 1: Závislost TF při pohybové aktivitě na věku (7).

b) Minutová plicní ventilace (V_{max} V_{Emax})

Rozdíly v minutové plicní ventilaci trénovaných a netrénovaných osob se projeví až nad úrovní anaerobního prahu a při maximální zátěži.

Starší jedinci mají při stejném wattovém výkonu vyšší hodnoty minutové plicní ventilace, je to projevem snižování ekonomiky dýchání způsobené věkem.

U zdravých osob limitujícím faktorem dosažitelného výkonu je především centrální oběhový systém (srdce) při některých hraničních stavech a onemocněních (29).

c) Dechový objem (V_T) a dechová frekvence (DF)

Dechový objem je množství vzduchu, které je při normální ventilaci vdechnuto do plic. U dospělých osob činí kolem 0,5 l.

Dechová frekvence je množství vdechů za minutu. Klidová hodnota u dospělých osob činí kolem 14-16 vdechů/min. U sportovců vlivem zvýšeného dechového objemu bývá i pod 10 dechů/min (3).

d) Spotřeba kyslíku (VO_2 , V = volume, objem) a výdej oxidu uhličitého (VCO_2)

Maximální aerobní kapacita (maximální spotřeby kyslíku - VO_{2max}), **je nejdůležitějším ukazatelem při posuzování aerobní kardiorepirační zdatnosti.**

Vyjadřuje schopnost organismu transportovat kyslík k pracujícím svalům při maximální výkonu. Je tedy měřítkem maximálních aerobních schopností organismu (29).

Více kyslíku spotřebovaného pracujícím svalům znamená více energie vytvářené efektivním aerobním způsobem, méně odpadních látek a tím i vyšší výkon a oddálení únavy.

Sportovními lékaři bývají absolutní či relativní (%) hodnoty VO_{2max} používané jako bazální ukazatel vytrvalostní zdatnosti.

VO_{2max} je také důležitým indikátorem regeneračních schopností jedince v přerušovaných aktivitách, jež se vyznačují velkou kumulací kyslíkového dluhu, a to zvláště tehdy, trvají-li pauzy cca 90 sekund a více (6).

Hodnoty VO_{2max} se udávají buď v absolutních číslech ml kyslíku za minutu (ml/min), nebo přepočtené na kg tělesné hmotnosti za minutu (ml/kg.min.)

VO_{2max} je individuálním výsledkem vzájemné interakce centrálních (kardiorepiračních) a periferních (svalových) faktorů.

Hlavním limitujícím činitelem VO_{2max} je výkon srdce a schopnost krevního oběhu transportovat dostatečně množství kyslíku.

U trénovaných sportovců je VO_{2max} limitováno i kapacitou plic, jelikož malé plíce nejsou schopny nasytit kyslíkem zvětšený objem krve vytlačený ze srdce.

To, jak bude potenciál kardiorepiračního systému využit, závisí i na biochemických vlastnostech svalů, které práci vykonávají a energetické náročnosti fyzické zátěže tj. VO_{2max} při různých druzích pohybu se liší (3).

Zatímco trénink se 100 % VO_{2max} vede po několika minutách k vyčerpání, cvičení s využitím 50 % VO_{2max} představuje celkem pohodlnou úroveň zátěže, kterou je možné provádět několik hodin (21).

e) Relativní spotřeba kyslíku ($VO_{2max}.kg^{-1}$)

Mezi různými jedinci jsou srovnatelné pouze hodnoty VO_{2max} vztažené k tělesné hmotnosti. U vrcholových sportovců se hodnoty $VO_{2max}.kg^{-1}$ pohybují u mužů kolem 80 až 100 $ml.min^{-1}$.

Maximální kyslíková spotřeba u sportovců různých sportovních disciplín závisí ze zevních faktorů především na podílu vytrvalostní složky v daném druhu sportu (29).

f) Tepový kyslík ($VO_{2max}.TF^{-1}$; $VO_{2max}.HR^{-1}$)

Je podíl spotřeby kyslíku (ml/min) a tepové frekvence. Vyjadřuje objem kyslíku, který je srdce schopno jedním tepem přenést do tkání.

Klidové hodnoty jsou kolem 5 $ml O_2$, maxima u netrénovaných mužů asi 15 - 16 ml . U vrcholových sportovců dosahuje tepový kyslík hodnot až 30 - 35 $ml O_2$ (3).

V tělovýchovném lékařství se používá tepového kyslíku jako ukazatele výkonnosti oběhového ústrojí. Rozdíly ve výkonnosti kardiorepirační zdatnosti lze diferencovat pomocí tepového kyslíku již na úrovni submaximální zátěže.

U osob s nadváhou, které mají většinou sníženou $VO_{2max}.kg^{-1}$, vztah mezi maximálním tepovým kyslíkem a $VO_{2max}.kg^{-1}$ ukazuje, do jaké míry se na nízké zdatnosti podílí obezita. Hodnocení tepového kyslíku může být zkresleno při užití léků ovlivňujících tepovou frekvenci, zejména betablokátorů. Tepový kyslík je po nich uměle zvýšený (29).

g) Ventilační ekvivalent pro kyslík a pro oxid uhličitý (VEO_{2max} , $VECO_{2max}$)

Ventilační ekvivalent pro kyslík je počet litrů vzduchu, které musí člověk nadýchat, aby spotřeboval 1 liter kyslíku. Je měřítkem ekonomiky dýchání a nepřímým ukazatelem funkce alveolokapilární membrány.

Optimální utilizace kyslíku u všech věkových skupin se pohybuje kolem zátěže 100W, při dalším stupňování zátěže se ventilační ekvivalent zvyšuje a znamená zhoršování ekonomiky dýchání.

S věkem ventilační ekvivalent stoupá. Podobný průběh jako ventilační ekvivalent pro kyslík má i ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý (29).

h) Respirační kvocient, poměr výměny dýchacích plynů, (R , RQ , RER_{max})

RQ je poměr vyloučeného CO_2 ke spotřebovanému O_2 .

Protože různé živiny vyžadují na svou oxidaci různé množství kyslíku a z jejich spalování vzniká také odlišné množství CO_2 , dá se s pomocí RQ určit momentální podíl bílkovin, cukrů a tuků na tělesné produkci energie (3).

RQ začíná stoupat až při intenzivnější zátěži, kdy se již začíná uplatňovat anaerobní uvolňování energie. Čím se však zvyšuje intenzita zátěže, tím méně hodnota R závisí na

složení přijatých živin a tím více se RQ mění v závislosti na rostoucí koncentraci laktátové kyseliny v krvi (29).

V obezitologii jde o měření konkrétního spalování živin, o měření, co jedinec spaluje preferenčně (bílkoviny či tuky).

Vysoký RQ je u obézních někdy ukazatelem neschopnosti spalovat tuky. S tímto ukazatelem lze obtížně dietně manipulovat i u tzv. postobézních pacientů (jedinců, kteří zhubli), (6).

Ch) Kriteria vytížení

U nižší motivace se cítí vyšetřovaný „vyčerpan“, ačkoli podle objektivních ukazatelů zdaleka nedosáhl plného vytížení. Naopak někteří velmi motivovaní sportovci odmítají ukončit zátěž, i když jeví počínající příznaky přetížení.

V laboratoři proto používáme ke zpřesnění hodnocení, stupnici subjektivního vnímání únavy podle Borga. Za úplné vytížení považujeme dosažení nejméně 16. stupně („těžká zátěž“ až „velmi těžká“), (29).

4. PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Spiroergometrické měření na ústavu tělovýchovného lékařství na 1.

LF. UK, Praha

4.1.1 Ústav tělovýchovného lékařství na 1. LF. UK, Praha

ÚTL na 1. LF UK je zaměřen na léčebně preventivní činnost sportovců. Výzkum se soustředí na vliv pohybové aktivity na kardiorepirační zdatnost u zdravých osob i u nemocných pacientů.

Ústav se začíná orientovat nejen na primární prevenci civilizačních neinfekčních onemocnění, ale přechází stále více na sekundární prevenci již nemocných jedinců, kteří trpí zejména metabolickým syndromem. Ústav spolupracuje také s katedrou biokybernetiky ČVUT (9).

Na ústavu probíhá výuka tělovýchovného lékařství pro posluchače 1. LF UK. Hlavním cílem výuky je přenos poznatků o celkových vlivech pohybové aktivity na lidský organizmus, o reakci a adaptaci organismu na tělesné zátěže, o diagnostice tělesné zdatnosti a trénovanosti, o stavech organismu vyvolaných nesprávným vedeným tréninkovým zatížením, o správném životním stylu s optimálním využitím pohybové aktivity a o podílu oboru na optimální, včasné a komplexní rehabilitaci.

K tomu je zapotřebí znát zásady indikace, ordinace a řízení těchto aktivit (15).



Obr. 2: Ústav tělovýchovného lékařství na 1. LF UK

Jejich snahou je přesvědčit o užitečnosti a potřebnosti sportovní medicíny pro populaci (13).

4.1.2 Soubor vyšetřovaných osob

Celkem byla naměřena data u dvou skupin, z nichž každá čítala po 20 probandech.

Obě skupiny se lišily takto:

Skupina A se skládala z 20 zdatných zdravých sportovců mužského pohlaví, různého sportovního zaměření (gymnastika, atletika, fotbal, plavání, běh, hokej, vodní pólo apod.).

Skupina B tvořila 20 zdravých (rizikových) obézních nesportujících pacientů též mužského pohlaví se sedavým způsobem života a nízkou habituální tělesnou aktivitou.

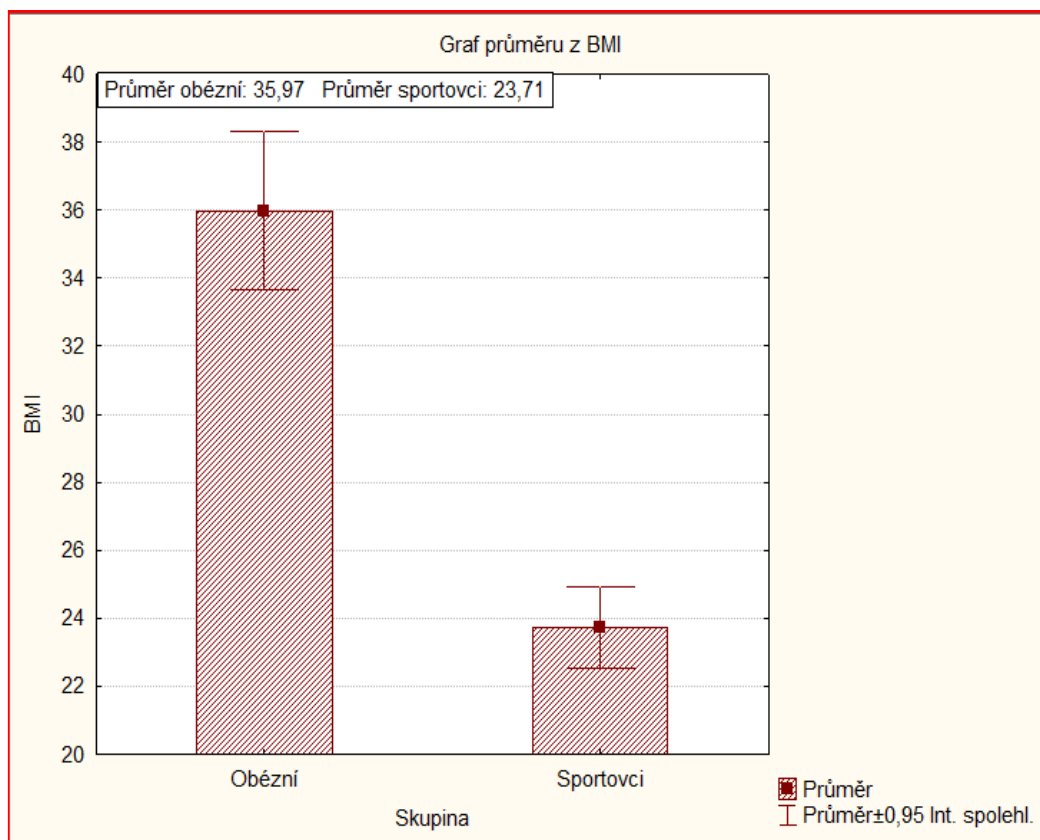
Nikdo z vyšetřovaných netrpěl závažnou chorobou, která by mohla významně ovlivnit průběh vyšetření a subjektivní vnímání tělesné zátěže.

Průměrný věk sportovců a obézních pacientů byl od 35 do 45 let (tj. narození od roku 1975- 1960).

BMI sportovců bylo od 18,8 - 27,4, tj. jejich průměrná hmotnost byla od 65 kg – 85 kg (průměr BMI= 23,71). BMI obézních pacientů dosahovala od 30,1 – 49. Jejich hmotnost byla více jak 100 kg (průměr BMI = 35,97) viz tabulka 3 a graf 1.

Obézní	Váha / Výška	BMI	Sportovec	Váha / Výška	BMI
1	100,7/174	33,3	1	84,7/183	25,3
2	106,5/164	39,6	2	79,4/174	26,2
3	127,5/190	35,3	3	80,3/173	26,8
4	106,5/186	30,8	4	71,5/181	21,8
5	114,7/188	32,5	5	67,1/181	20,5
6	102/184,2	30,1	6	80,2/178	25,3
7	100/170	34,6	7	84/175	27,4
8	122,5/186	35,4	8	76/173,5	25,1
9	108/192,5	29,0	9	82/190,3	22,7
10	132,5/188	37,5	10	87/180,4	26,9
11	100/181,5	30,2	11	73/175,5	23,6
12	112/168,5	40,2	12	85/193,5	22,6
13	110/191	30,2	13	70,5/170	24,4
14	133/184	39,3	14	71/180	21,9
15	117/183	34,9	15	76,3/193	20,5
16	150/175	49,0	16	71/188	20,1
17	100/164	37,2	17	85,1/190	23,6
18	115/172	38,9	18	79,5/181	24,3
19	108,5/165	39,9	19	81,3/175	26,5
20	125,5/173	41,9	20	65/186	18,8

Tab. 3: BMI Obézních a sportovců



Graf 1: Graf průměru z BMI

Obě skupiny byly vyšetřeny za stejných podmínek. Na konci každého zátěžového testu byly analyzovány ukazatele jejich aerobní kapacity.

Všichni vyšetřovaní znali účel vyšetření, byli instruováni, aby před spiroergometrií nijak neměnili svůj běžný denní režim a vyvarovali se pokud možno alkoholu, kouření a nadměrné únavy. V den vyšetření byli všichni zdraví, bez zdravotních obtíží.

Spiroergometrie se neprovádí, pokud se u vyšetřovaného vyskytne virové onemocnění dýchacích cest, nachlazení, kašel, rýma, teplota, zažívací potíže či nevolnost.

Samotné spiroergometrické vyšetření trvá kolem 10-12 minut. K spiroergometrickému vyšetření je nutný 1 lékař, 1 sestra k asistenci, ergometr a analyzátor vydechovaných plynů.

4.1.3 Přístrojová technika

Pro spiroergometrické vyšetření v laboratoři jsme používali bicyklový ergometr JAEGER 800, elektricky řízený, na otáčkách závislý (frekvence šlapání byla mezi 60-65 otáček/min.).

Pro měření a analýzu dýchacích plynů během zátěžového testu v laboratoři jsme použili automatický on-line analyzátor OXYCON DELTA JAEGER.

Vydechovaný vzduch se odvádí do mísící nádoby, kde se vyrovnává koncentrace dýchacích plynů. Korekci plicní ventilace podle atmosférické teploty a tlaku provádí analyzátor automaticky.

Analyzátory kyslíku jsou založeny na více principech. Nejčastěji se používá tzv. Clarkovovo čidlo, což je malý váleček se dvěma elektrodami.

Na elektrody je přiváděn stejnosměrný proud vzduchu o malém napětí (0,6 V). Výplň mezi elektrodami je tvořena speciálním nevodivým gelem, takže mezi elektrodami neprobíhá žádný proud.

Ve spodní podstavě válečku je otvor se semipermeabilní membránkou, přes kterou dovnitř proniká molekulární kyslík z vydýchaného plynu. Tento kyslík je v gelu postupně redukován až na hydroxylový iont, který má záporný náboj a putuje od stříbrné katody ke zlaté anodě. Intenzita proudu je přímo úměrná koncentraci kyslíku ve vydechovaném vzduchu.

Analyzátory oxidu uhličitého jsou založeny na různé tepelné vodivosti plynů, nejčastěji se však užívá infračervené (IR) metody.

Princip IR čidla spočívá v tom, že oxid uhličitý velmi dobře pohlcuje infračervené světlo. V analyzátoru jsou dva IR paprsky o stejné intenzitě.

Každý z IR paprsků dopadá na hermeticky uzavřenou komůrku. Komůrka, na níž dopadá referenční IR paprsek, se zahřívá více než ta druhá. Vzniká v ní větší tlak, což vede k vyklenutí této membránky konvexitou do chladnější komůrky.

Vyklenutím se změní elektrické vlastnosti membránky (kapacitance) a ta se teprve měří.

Přestože při tomto procesu se mění světelná energie IR paprsku na tepelnou, tepelná na mechanickou a mechanická na elektrickou, je měření dostatečně přesné.

Kalibrační směs plynů se objednává na zakázku u specializovaných firem s přesností na setiny objemových procent.

Velkou výhodou průběžných analyzátorů je jejich rychlost (jedna analýza trvá řádově sekundy) umožňuje tak on-line sledování měřených spiroergometrických ukazatelů na monitoru počítače. Lékař, který vyšetřuje, může tak sledovat stupeň vytížení vyšetřovaného nejen podle tepové frekvence, ale i podle minutové plicní ventilace, spotřeby kyslíku, ventilačního ekvivalentu a zejména podle aktuálního poměru vydechovaných plynů (poměr CO_2/O_2).

Respirační kvocient (RER) je velmi spolehlivým ukazatelem metabolického vytížení vyšetřovaného. To umožňuje lékaři pacienta povzbudit k ještě většímu výkonu, nebo je-li vytížení příliš vysoké, naopak ukončit zátěž a předejít tak stavu akutního přepětí (29).

4.1.4 Metodika spiroergometrie

Experiment se skládal celkem z 20 měření od sportovců a 20 měření od obézních.

Obě skupiny jsme vyšetřili následujícím způsobem:

Testování jedinci podstoupili stupňovaný zátěžový test až do maxima. Maximální spotřeba kyslíku byla u všech skupin stanovena v průběhu zatížení na bicyklovém ergometru kontinuálně zvyšovaného až do metabolického vytížení (respirační kvocient v rozmezí 1,10-1,20).

Spiroergometrie probíhá tak, že vyšetřovaný je posazen na bicyklový ergometr, je napojen na EKG pomocí speciálních elektrod a zátěž začíná, když násobek klidového metabolismu dosáhne 1,0-1,5.

Při spiroergometrickém vyšetření je důležité, aby zátěž byla zvyšována postupně. Nejprve dáme pacientovi určitou dobu na rozcvičení (tzv. submaximální zátěž).

Jako první submaximální stupeň nastavíme u mužů zátěž kolem $1 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tj. asi 65-85 W). Tento zátěžový stupeň trvá zpravidla 4-6 minut, aby vyšetřovaný dosáhl rovnovážného stavu.

Druhý zátěžový stupeň navazuje na první bez přestávky a činí přibližně $1,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tj. asi 100-150 W) a to opět 4-6minut.

Rozcvičovací intenzita zátěže nemá být příliš nízká, aby přechod na maximální zátěžový stupeň nebyl příliš prudký, ale ani příliš vysoká, aby nedošlo k předčasné lokální svalové únavě DK.

Poté následuje dvouminutová přestávka, během níž se dolní končetiny nejlépe zotaví tehdy, když vyšetřovaný jedinec neustále šlape proti mírnému odporu pedálů (20-40 W).

Přestávku využijeme i k tomu, aby si vyšetřovaný svlažil ústa (dýchání ústy vysušuje ústní dutinu) a zeptáme se na jeho subjektivní úsilí a pocity (subjektivní obtíže, případný vznik bolestí na hrudi či jiné příznaky) s kterými zvládal submaximální zátěž.

Subjektivní hodnocení porovnáváme s Borgovou škálou RPE se stupnicí od 6 do 20 viz příloha č. 1. Pokud je druhý submaximální stupeň dle Borga větší než 13 („trochu těžká“ zátěž), pak začínáme maximální zátěžový stupeň se stejnou zátěží jako na konci submaximální zátěže, pokud je menší nebo rovno 13, pak začneme o 0, 25 až 0,50 W.kg⁻¹ výše.

Maximální zátěžový stupeň, při kterém má dojít k metabolickému i oběhovému vytížení, má trvat kolem 5-6 minut. Ne méně než 3 minuty, ale ne déle než 8 minut, aby nedošlo k lokální svalové únavě a ke zkreslení výsledných hodnot.

Podle uvedeného schématu dávkování zátěže se nám podaří vytvořit zátěžový protokol, pomocí něhož vyšetřovaného správně vytížíme asi v 90 % případů.

V úvahu musíme vzít zejména anamnézu pacienta, jakému sportu se vyšetřovaný věnuje, jak často trénuje, jak dlouho trvá jeho tréninková jednotka a jaký je celkový týdenní energetický výdej při sportovní aktivitě.

Velmi užitečným vodítkem bývá zátěžové vyšetření z minulých let.

Jsou i jiné způsoby dávkování spiroergometrie. V tělovýchovném lékařství lze modifikovat vyšetření tak, aby co nejlépe vystihovalo charakter činnosti v určitém sportu. Např. pravidelného malého zvyšování zátěže každou minutu, kontinuální zvyšování bez přestávky a bez dosažení rovnovážného stavu, používáme při stanovení anaerobního prahu. Nebo zátěžový test podle Henryho, zvyšování zátěže pravidelně každou minutu o 10 Wattů.

TF sledujeme během zátěže na monitoru průběžného analyzátoru plynů. Krevní tlak se měří automaticky nebo ručně. EKG záznam provádíme jak u zdravých sportovců, tak i u pacientů většinou v posledních 10 sekundách každé minuty zátěže.

Po ukončení zátěže nastává zotavovací fáze asi 4-6 minut, kdy stále sledujeme EKG, krevní tlak a pocity vyšetřovaného. Teprve poté je test ukončen a přístroje odpojeny (1, 29).

4.2 Výsledky

4.2.1 Statistické zpracování

Výsledky vyšetření byly zpracovány pomocí programů Statistica verze 9 a Microsoft office Excel. Byly stanoveny hodnoty aritmetického průměru, minimální hodnoty, maximální hodnoty, modus a medián (Tab. 4, Tab. 5).

Obézní	Load (W)	HR (l/min)	V'E (L/min)	RER	V'O₂ (ml/min)	VO₂/kg ml / min/kg	O₂/HR ml	BF (l/min)	EqO₂
Minimální hodnota	160,0	148,0	77,0	0,9	2738,0	23,4	16,9	28,0	28,1
Maximální hodnota	330,0	195,0	177,0	1,3	4517,0	38,6	48,5	57,0	50,6
Aritmetický průměr	239,3	171,6	115,6	1,1	3470,3	30,4	23,4	37,5	38,1
Medián	245,0	172,0	107,0	1,2	3204,5	30,3	21,4	37,0	37,6
Modus	200,0	166,0	90,0	1,2	/	26,2	/	33,0	47,1

Tab. 4: Min. a max. hodnoty, aritmetický průměr, medián, modus

Sportovci	Load (W)	HR (l/min)	V'E (L/min)	RER	V'O₂ (ml/min)	VO₂/kg ml / min/kg	O₂/HR ml	BF (l/min)	EqO₂
Minimální hodnota	225,0	122,0	89,0	1,0	3275,0	43,0	21,9	30,0	26,4
Maximální hodnota	481,0	196,0	216,0	1,3	6670,0	81,4	39,5	70,0	49,9
Aritmetický průměr	324,5	176,4	147,0	1,2	4239,8	55,0	25,6	49,5	38,7
Medián	302,5	183,0	147,0	1,2	4060,0	52,1	24,9	50,5	37,4
Modus	275,0	184,0	126,0	1,2	/	47,4	30,1	63,0	/

Tab. 5: Min. a max. hodnoty, aritmetický průměr, medián, modus

Statistické hodnocení významnosti rozdílů výsledků obou skupin jsme uskutečnili pomocí nepárového Studentova T-testu (kapitola 4.2.3 - Hodnocení výsledků spiroergometrických parametrů pomocí T-testu).

Hladina významnosti (α) pro všechny analýzy byla určena na úrovni 0,05 (5%) tj. s cílem prokázat, že naměřená data leží s 95 % pravděpodobností v konfidenčním intervalu na hladině spolehlivosti 0,95.

Výsledky T-testu byly graficky znázorněny.

Nepárový Studentův t-test:

Studentův T-test je matematicko-statistická metoda aplikovaná na data s cílem potvrdit či zamítnout hypotézu (12).

Při testování statistických hypotéz vždy porovnáváme dvě hypotézy. Jedna hypotéza, tzv. nulová (testovaná H_0), je hypotéza, kterou testujeme. Druhou hypotézou je tzv. hypotéza alternativní H_A (11).

Při testování mohou mít oba soubory stejný nebo různý rozptyl hodnot, který ovlivňuje provedení T-testu. Proto je nejprve nutno otestovat rozdíl rozptylů obou souborů pomocí F-testu.

Vypočtené F porovnáme s tabulkovou kritickou hodnotou, vyhledanou podle zvolené chyby α a v_V (stupeň volnosti čitatele) a v_M (stupeň volnosti jmenovatele).

Podle výsledku F-testu, je-li $P(F > 0.05) \Rightarrow$

a) $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Provede se dvouvýběrový T-test s rovností rozptylů.

Je-li $P(F \leq 0.05) \Rightarrow$

b) $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$. Provede se dvouvýběrový T-test s nerovností rozptylů (10).

Testování statistických hypotéz umožňuje posoudit, zda získaná data vyhovují předpokladu, který jsme před provedením testování učinili (11).

Výsledkem T-testu je pravděpodobnost, která se nazývá *dosažená hladina významnosti* a značí se p .

P-hodnota testu je pravděpodobnost, že by za platnosti hypotézy H_0 testová statistika nabyla takové hodnoty, jaká z daných dat skutečně vyšla, nebo hodnoty ještě „extrémnější“, ještě méně typické pro nulovou hypotézu a blízké spíše alternativní hypotéze (26).

Z toho vyplývá, že čím menší je p , tím neudržitelnější čili méně důvěryhodná je nulová hypotéza (33).

Je-li p menší než zvolená hladina významnosti [$\alpha = 0,05$ (5%)], považuje se to za svého druhu důkaz, že hypotéza H_0 neplatí. Výsledek testu se pak prohlásí za *statisticky signifikantní na hladině α* , nulová hypotéza se zamítne a přijme se hypotéza H_A . V opačném případě, když p bude větší nebo rovno zvolené hladiny významnosti [$\alpha = 0,05$ (5%)], je výsledek *na hladině α statisticky nevýznamný (nesignifikantní)* a nulová hypotéza se nezamítá (26).

Nebo můžeme mluvit o *vysoké statistické významnosti* při $\alpha = 0,01$ (tzn., že pokusný zásah byl účinný a způsobil změnu střední hodnoty u pokusného souboru ve srovnání s kontrolním souborem. Nulová hypotéza se zamítá a akceptuje se hypotéza alternativní (10).

4.2.2 Zhodnocení spiroergometrických parametrů při maximální zátěži

Zhodnocení základních spiroergometrických parametrů je jedna z hlavních metod pro určení fyzické a kardiorespirační zdatnosti.

Load (W)	HR (l/min)	V'E (l/min)	RER	V'O ₂ (ml/min)	VO ₂ /kg ml / min/kg	O ₂ /HR ml	BF (l/min)	EqO ₂
200	166	91	1,2	3108	30,9	19,0	33	30,5
220	179	106	1,23	2975	28,2	27,9	38	26,7
270	179	162	1,23	4504	35,3	48,5	41	34,9
250	194	119	1,27	3164	29,7	16,7	37	37,9
240	166	90	1,13	3206	28,0	19,8	30	28,1
200	148	77	1,31	2738	26,9	18,5	24	39,3
250	184	151	1,29	3031	30,3	17,5	51	50,6
320	181	130	1,27	4190	34,2	23,8	39	33,4
330	175	146	1,15	3203	32,2	21,6	39	47,1
325	164	123	0,94	4066	33,9	27,4	37	32,6
210	148	87	1,3	3327	33,4	39,6	32	37,3
250	179	108	1,14	4320	38,6	24,7	35	26,1
270	173	148	1,26	4041	37,4	23,4	57	47,8
311	184	153	1,05	4517	34,0	25,2	45	47,1
270	171	177	1,18	3542	30,2	21,2	48	56,1
200	166	100	1,1	3482	23,4	21,7	38	38,6
160	150	78	1,09	2984	24,8	16,9	28	32,9
180	169	90	0,94	3012	26,2	17,8	34	39,4
165	160	80	0,98	2841	26,2	18,1	32	45,6
165	195	96	0,91	3155	25,1	19,2	33	30,6

Tab. 6: Výsledky spiroergometrických parametrů při maximální zátěži obézních

Při maximální zátěži jsme hodnotili maximální dosažené hodnoty: 1) tepovou frekvenci, TF_{\max} ; 2) výkon ve wattech či wattech vztažených na kg hmotnosti, W_{\max} ; 3) minutovou plicní ventilaci, $V_{E\max}$; 4) dechovou frekvenci, DF_{\max} ; 5) absolutní spotřebu kyslíku, $VO_{2\max}$ a výdej oxidu uhličitého, $VCO_{2\max}$; 6) relativní spotřebu kyslíku na kg hmotnosti, $VO_{2\max} \cdot kg^{-1}$; 7) tepový kyslík, $VO_{2\max} \cdot TF^{-1}$; 8) ventilační ekvivalenty, $VEO_{2\max}$ a $VECO_{2\max}$ a konečně 9) respirační kvocient, RER_{\max} viz (Tab. 6 a Tab. 7).

Load (W)	HR (l/min)	V'E (l/min)	RER	V'O2 (ml/min)	VO2/kg ml / min/kg	O2/HR ml	BF (l/min)	EqO2
275	190	172	1,19	3970	46,9	30,1	63	45,0
350	187	164	1,22	4170	52,5	30,1	58	38,1
275	189	157	1,28	3803	47,4	20,9	47	43,9
325	196	165	1,25	4330	60,6	22,1	63	40,5
250	165	145	1,3	3275	48,8	22,1	53	49,9
305	176	114	1,01	4654	58,0	26,4	31	26,4
300	144	109	1,15	3613	43,0	25,9	32	30,0
300	182	124	1,3	3929	51,6	21,9	41	36,7
480	176	216	1,0	6670	81,4	39,5	65	40,4
330	171	197	1,15	4034	46,6	24,7	52	56,0
275	184	126	1,03	4086	56,0	22,2	55	29,1
440	184	143	1,11	5275	62,3	28,7	36	27,5
225	184	100	1,06	3318	47,1	19,4	36	48,5
481	122	132	1,22	4930	69,4	30,8	44	29,7
300	173	177	1,04	4335	56,8	25,1	50	49,7
349	184	149	1,12	4334	61,0	23,9	65	33,0
350	165	176	1,17	4021	47,2	25,5	48	47,5
275	192	126	1,18	3738	47,0	25,6	51	36,4
250	173	89	1,06	3855	47,4	22,5	30	30,4
355	190	158	1,24	4456	68,9	23,8	70	36,1

Tab. 7: Výsledky spiroergometrických parametrů při maximální zátěži sportovců

4.2.3 Hodnocení výsledků spiroergometrických parametrů pomocí T-testu

4.2.3.1 Tepová frekvence

Tepová frekvence - (HR l/min)

Formuluji hypotézy:

1) $H_{A1}: HR\ l/min_{(s)} \neq HR\ l/min_{(o)}$

- Mezi průměrnými hodnotami HR l/min sportovců a HR l/min obézních je rozdíl.

Odpovídající nulová hypotéza je $H_{01}: HR\ l/min_{(s)} = HR\ l/min_{(o)}$

- Průměrné hodnoty HR l/min sportovců a HR l/min obézních jsou stejné.

2) $H_{A2}: HR\ l/min_{(s)} > HR\ l/min_{(o)}$

- Průměrné hodnoty HR l/min sportovců jsou větší než průměrné hodnoty HR l/min obézních.

Odpovídající nulová hypotéza je $H_{02}: HR\ l/min_{(s)} \leq HR\ l/min_{(o)}$

- Průměrné hodnoty HR l/min sportovců jsou menší nebo rovno průměrným hodnotám HR l/min obézních.

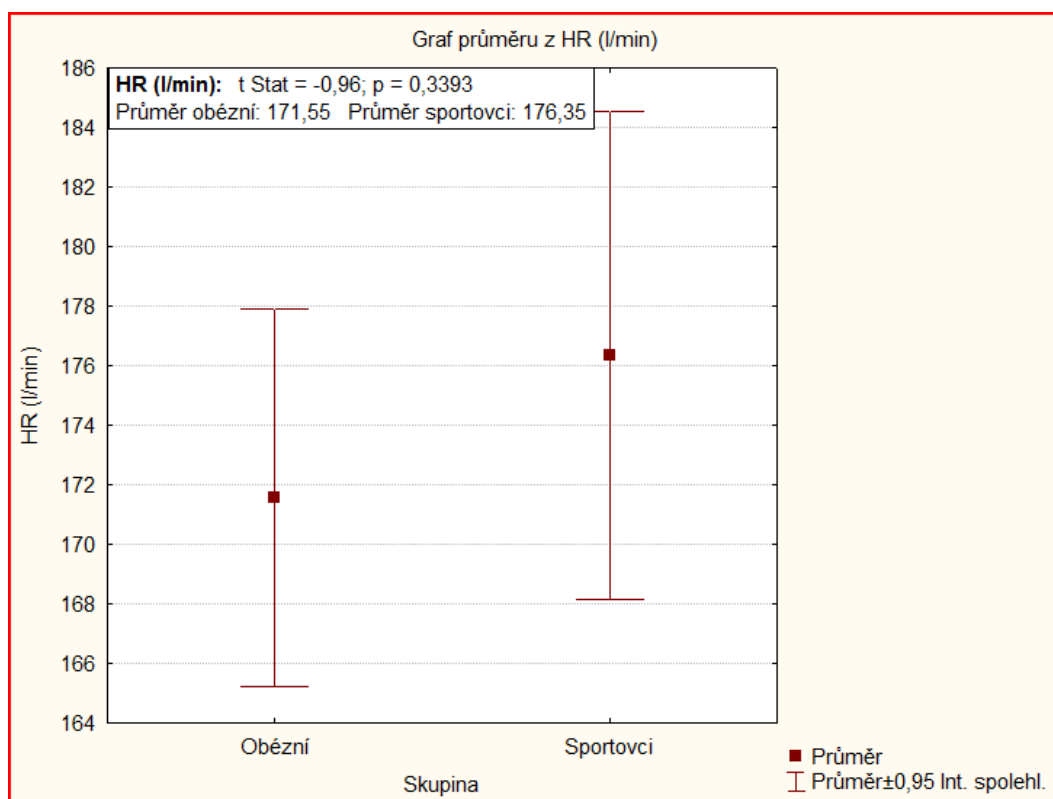
Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů	Obézní	Sportovci
Průměr	171,55	176,35
Směrodatná odchylka	184,05	308,03
Počet pozorování	20	20
Stupně volnosti	38	
T (testová statistika)	-0,9677	
P -hodnota	0,3393	
Kritická hodnota T	2,024	
Dvouvýběrový F-test pro rozptyl	1,6736	
P -hodnota F-testu	0,1352	

Tab. 8: Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů pro (HR l/min)

Rozdíly průměrů HR l/min sportovců a HR l/min obézních nejsou statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty HR l/min sportovců nejsou významně větší než průměrné naměřené hodnoty HR l/min obézních. ($T = -0,9677$, $P = 0,3393$, aritmetický průměr HR l/min_(o) = 171,55, aritmetický průměr HR l/min_(s) = 176,35 (Graf 2, Tab. 8.).

Nulové hypotézy H_{01} ($HR \text{ l/min}_{(s)} = HR \text{ l/min}_{(o)}$), H_{02} ($HR \text{ l/min}_{(s)} \leq HR \text{ l/min}_{(o)}$) se nezamítnou, výsledek je na hladině $\alpha = 0,05$ statisticky nesignifikantní.



Graf 2: Graf průměru z HR l/min

4.2.3.2 Minutová plicní ventilace

Minutová plicní ventilace – ($V'E \text{ l/min}$)

Formuluji hypotézy:

1) H_{A1} : $V'E \text{ l/min}_{(s)} \neq V'E \text{ l/min}_{(o)}$

- Mezi průměrnými hodnotami $V'E \text{ l/min}$ sportovců a $V'E \text{ l/min}$ obézních je rozdíl.

Odpovídající nulová hypotéza je (H_{01} : $V'E \text{ l/min}_{(s)} = V'E \text{ l/min}_{(o)}$)

- Průměrné hodnoty $V'E \text{ l/min}$ sportovců a $V'E \text{ l/min}$ obézních jsou stejné.

2) H_{A2} : $V'E \text{ l/min}_{(s)} > V'E \text{ l/min}_{(o)}$

- Průměrné hodnoty $V'E \text{ l/min}$ sportovců jsou větší než průměrné hodnoty $V'E \text{ l/min}$ obézních.

Odpovídající nulová hypotéza je (H_{02} : $V'E \text{ l/min}_{(s)} \leq V'E \text{ l/min}_{(o)}$)

- Průměrné hodnoty $V'E \text{ l/min}$ sportovců jsou menší nebo rovno průměrným hodnotám $V'E \text{ l/min}$ obézních.

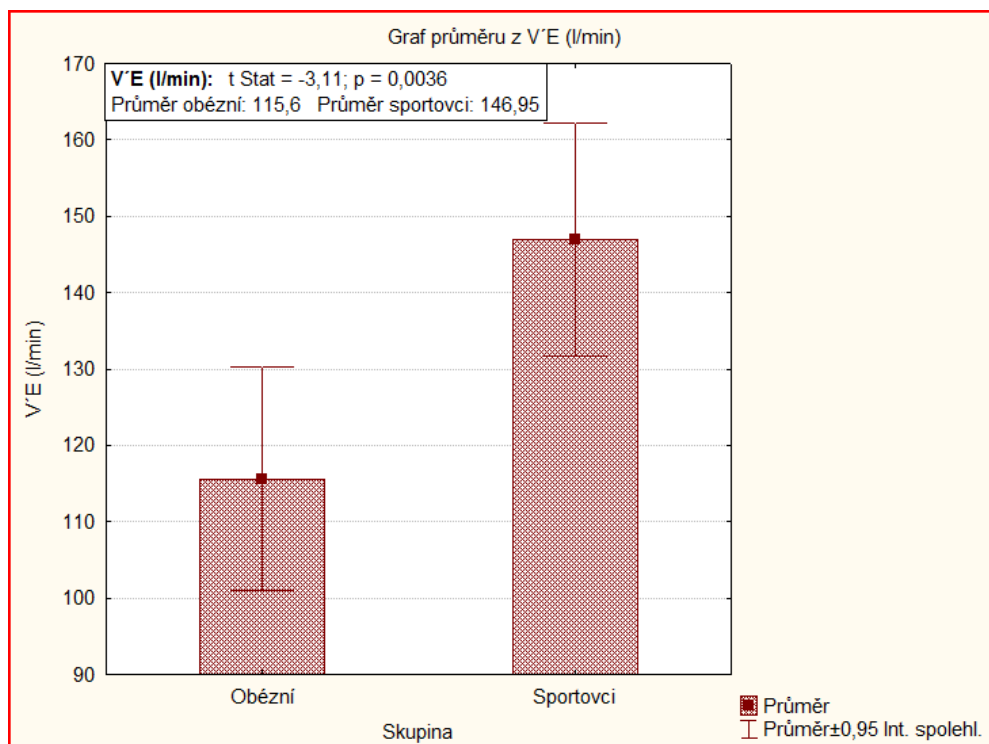
Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů	Obézní	Sportovci
Průměr	115,6	146,95
Směrodatná odchylka	973,93	1064,57
Počet pozorování	20	20
Stupně volnosti	38	
<i>T (testová statistika)</i>	-3,1052	
<i>P hodnota</i>	0,0035	
<i>Kritická hodnota T</i>	2,024	
Dvouvýběrový F-test pro rozptyl	1,093	
P-hodnota F-testu	0,4241	

Tab. 9: Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů pro (V'E l/min)

Rozdíly průměrů V'E l/min sportovců a V'E l/min obézních byly statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty V'E l/min sportovců byly významně větší než průměrné naměřené hodnoty V'E l/min obézních ($T = -3,1052$, $P = 0,0035$, aritmetický průměr V'E l/min_(o) = 115,6, aritmetický průměr V'E l/min_(s) = 146,95 (Graf 3, Tab. 9).

Nulové hypotézy H_{01} (V'E l/min_(s) = V'E l/min_(o)), H_{02} (V'E l/min_(s) ≤ V'E l/min_(o)) se zamítnou a přijmou se alternativní hypotézy H_{A1} (V'E l/min_(s) ≠ V'E l/min_(o)), H_{A2} (V'E l/min_(s) > V'E l/min_(o)). Výsledek je statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$.



Graf 3: Graf průměru z V'E l/min

4.2.3.3 Dechová frekvence

Dechová frekvence – (BF l/min)

Formuluji hypotézy:

1) H_{A1} : $BF\ l/min_{(s)} \neq BF\ l/min_{(o)}$

- Odpovídající nulová hypotéza je (H_{01} : $BF\ l/min_{(s)} = BF\ l/min_{(o)}$).

2) H_{A2} : $BF\ l/min_{(s)} > BF\ l/min_{(o)}$

- Odpovídající nulová hypotéza je (H_{02} : $BF\ l/min_{(s)} \leq BF\ l/min_{(o)}$).

Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů	Obézní	Sportovci
Průměr	37,55	49,5
Směrodatná odchylka	62,89	152,26
Počet pozorování	20	20
Stupně volnosti	32	
T (testová statistika)	-3,6434	
P-hodnota	0,0009	
Kritická hodnota T	2,036	
Dvouvýběrový F-test pro rozptyl	2,421	
P-hodnota F-testu	0,0305	

Tab. 10: Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů pro (BF l/min)

Rozdíly průměrů BF l/min sportovců a BF l/min obézních byly statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty BF l/min sportovců byly významně větší než průměrné naměřené hodnoty BF l/min obézních ($T = -3,6434$, $P = 0,0009$, aritmetický průměr BF l/min_(o) = 37,55, aritmetický průměr BF l/min_(s) = 49,5 (Tab. 10).

Nulové hypotézy H_{01} (BF l/min_(s) = BF l/min_(o)), H_{02} (BF l/min_(s) ≤ BF l/min_(o)) se zamítnou a přijmou se alternativní hypotézy H_{A1} (BF l/min_(s) ≠ BF l/min_(o)), H_{A2} (BF l/min_(s) > BF l/min_(o)). Výsledek je statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$.

4.2.3.4 Absolutní spotřeba kyslíku

Absolutní spotřeba kyslíku – ($\dot{V}O_2$ ml/min)

Maximální aerobní kapacita (maximální spotřeby kyslíku) čili (VO_{2max}), je nejcennějším ukazatelem při posuzování aerobní kardiorepirační zdatnosti.

Vyjadřuje schopnost organismu transportovat co největší množství kyslíku pracujícím svalům při maximálním zatížení. Je tedy měřítkem maximálních aerobních schopností organismu. Maximální aerobní kapacitou se změří trénovanost jedince (29).

Formuluji hypotézy:

1) H_{A1} : $\dot{V}O_2$ ml/min_(s) ≠ $\dot{V}O_2$ ml/min_(o)

- Odpovídající nulová hypotéza je (H_{01} : $\dot{V}O_2$ ml/min_(s) = $\dot{V}O_2$ ml/min_(o)).

2) H_{A2} : $\dot{V}O_2$ ml/min_(s) > $\dot{V}O_2$ ml/min_(o)

- Odpovídající nulová hypotéza je (H_{02} : $\dot{V}O_2$ ml/min_(s) ≤ $\dot{V}O_2$ ml/min_(o)).

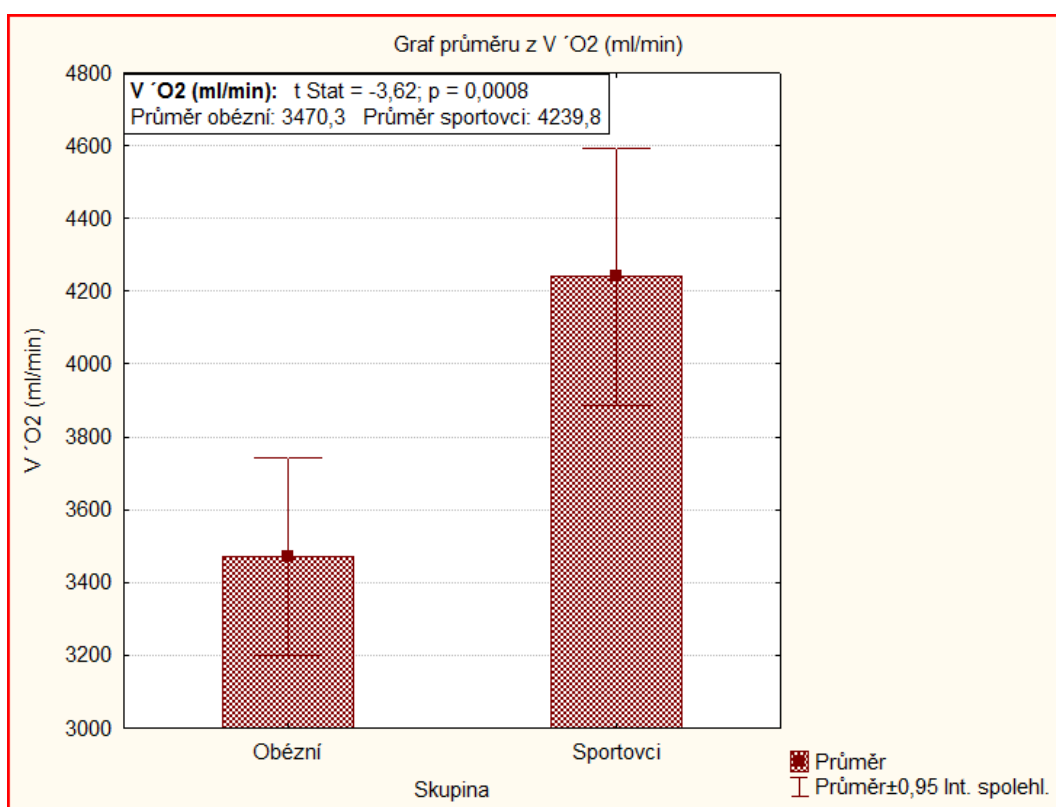
Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů	Obézní	Sportovci
Průměr	3470,3	4239,8
Směrodatná odchylka	336492,5	565816,2
Počet pozorování	20	20
Stupně volnosti	38	
<i>T (testová statistika)</i>	-3,6228	
<i>P-hodnota</i>	0,0008	
<i>Kritická hodnota T</i>	2,024	
Dvouvýběrový F-test pro rozptyl	1,6815	
P-hodnota F-testu	0,1331	

Tab. 11: Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů pro ($\dot{V}O_2$ ml/min)

Rozdíly průměrů $\dot{V}O_2$ ml/min sportovců a $\dot{V}O_2$ ml/min obézních byly statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty $\dot{V}O_2$ ml/min sportovců byly významně větší než průměrné naměřené hodnoty $\dot{V}O_2$ ml/min obézních ($T = -3,6228$, $P = 0,0008$, aritmetický průměr $\dot{V}O_2$ ml/min_(o) = 3470,3, aritmetický průměr $\dot{V}O_2$ ml/min_(s) = 4239,8 (Graf 4, Tab. 11).

Nulové hypotézy H_{01} ($\dot{V}O_2$ ml/min_(s) = $\dot{V}O_2$ ml/min_(o)), H_{02} ($\dot{V}O_2$ ml/min_(s) ≤ $\dot{V}O_2$ ml/min_(o)) se zamítnou a přijmou se alternativní hypotézy H_{A1} ($\dot{V}O_2$ ml/min_(s) ≠ $\dot{V}O_2$ ml/min_(o)), H_{A2} ($\dot{V}O_2$ ml/min_(s) > $\dot{V}O_2$ ml/min_(o)). Výsledek je statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$.



Graf 4: Graf průměru z $\dot{V}O_2$ ml/min

4.2.3.5 Relativní spotřeba kyslíku

Relativní spotřeba kyslíku – ($\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$)

Formuluji hypotézy:

1) $H_{A1}: \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} \neq \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)}$

- Odpovídající nulová hypotéza je ($H_{01}: \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} = \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)}$).

2) $H_{A2}: \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} > \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)}$

- Odpovídající nulová hypotéza je ($H_{02}: \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} \leq \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)}$).

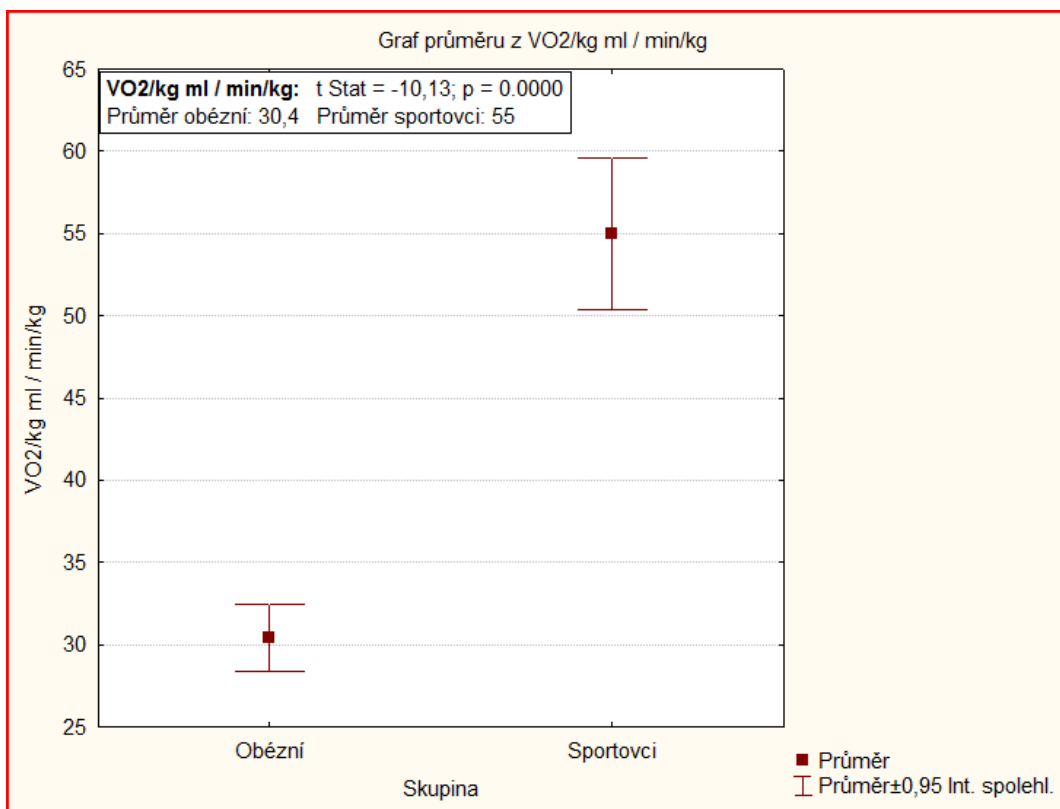
Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů	Obézní	Sportovci
Průměr	30,44	54,99
Směrodatná odchylka	18,92	98,45
Počet pozorování	20	20
Stupně volnosti	26	
<i>T (testová statistika)</i>	<i>-10,1341</i>	
<i>P-hodnota</i>	<i>0,0000</i>	
<i>Kritická hodnota T</i>	<i>2,055</i>	
Dvouvýběrový F-test pro rozptyl	5,2038	
P-hodnota F-testu	0,0003	

Tab. 12: Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů pro ($\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$)

Rozdíly průměrů $\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$ sportovců a $\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$ obézních byly statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty $\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$ sportovců byly významně větší než průměrné naměřené hodnoty $\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$ obézních ($T = -10,1341$, $P = 0,0000$, aritmetický průměr $\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)} = 30,44$, aritmetický průměr $\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} = 54,99$ (Graf 5, Tab. 12).

Nulové hypotézy $H_{01} (\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} = \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)})$, $H_{02} (\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} \leq \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)})$ se zamítnou a přijmou se alternativní hypotézy $H_{A1} (\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} \neq \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)})$, $H_{A2} (\text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} > \text{VO}_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)})$. Výsledek je statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$.



Graf 5: Graf průměru z VO₂/kg ml / min/kg

4.2.3.6 Tepový kyslík

Tepový kyslík – (O₂/HR ml)

Formuluji hypotézy:

1) H_{A1}: O₂/HR ml_(s) ≠ O₂/HR ml_(o)

- Odpovídající nulová hypotéza je (H₀₁: O₂/HR ml_(s) = O₂/HR ml_(o)).

2) H_{A2}: O₂/HR ml_(s) > O₂/HR ml_(o)

- Odpovídající nulová hypotéza je (H₀₂: O₂/HR ml_(s) ≤ O₂/HR ml_(o)).

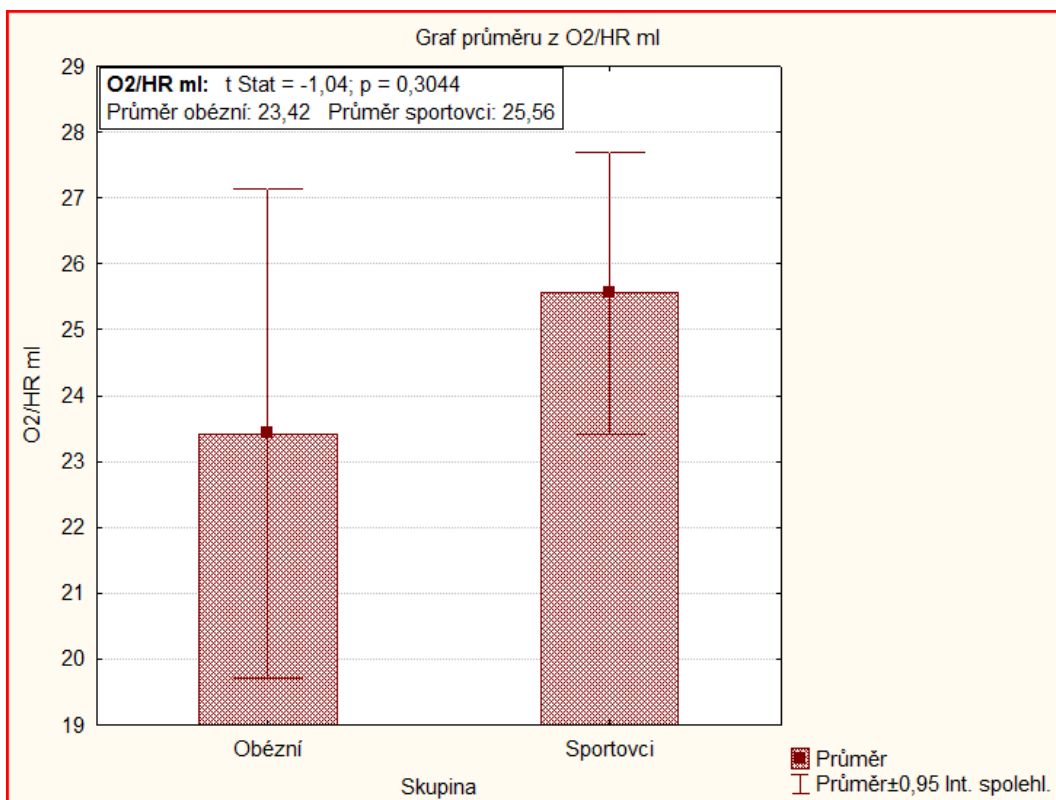
Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů	Obézní	Sportovci
Průměr	23,42	25,56
Směrodatná odchylka	63,16	20,95
Počet pozorování	20	20
Stupně volnosti	30	
T (testová statistika)	-1,041	
P -hodnota	0,3061	
Kritická hodnota T	2,042	
Dvouvýběrový F-test pro rozptyl	3,01425	
P -hodnota F-testu	0,0102	

Tab. 13: Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů pro (O_2/HR ml)

Rozdíly průměrů O_2/HR ml sportovců a O_2/HR ml obézních nejsou statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty O_2/HR ml sportovců nejsou významně větší než průměrné naměřené hodnoty O_2/HR ml obézních ($T = -1,041$, $P = 0,3061$, aritmetický průměr O_2/HR ml_(o) = 23,42, aritmetický průměr O_2/HR ml_(s) = 25,56 (Graf 6, Tab. 13).

Nulové hypotézy H_{01} (O_2/HR ml_(s) = O_2/HR ml_(o)), H_{02} (O_2/HR ml_(s) ≤ O_2/HR ml_(o)) se nezamítnou, výsledek je na hladině $\alpha = 0,05$ statisticky nesignifikantní.



Graf 6: Graf průměru z O₂/HR ml

4.2.3.7 *Ventilační ekvivalent pro kyslík a pro oxid uhličitý*

Ventilační ekvivalent pro kyslík a pro oxid uhličitý – (EqO₂)

Formuluji hypotézy:

1) H_{A1}: EqO_{2(s)} ≠ EqO_{2(o)}

- Odpovídající nulová hypotéza je (H₀₁: EqO_{2(s)} = EqO_{2(o)}).

2) H_{A2}: EqO_{2(s)} > EqO_{2(o)}

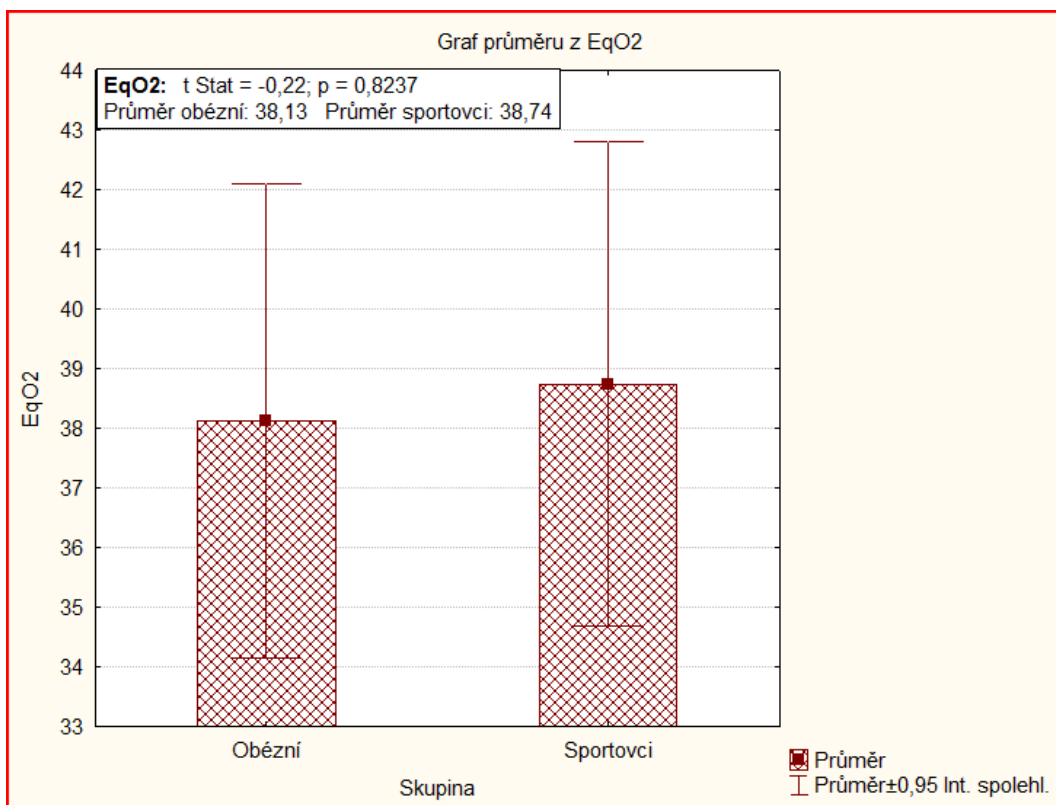
- Odpovídající nulová hypotéza je (H₀₂: EqO_{2(s)} ≤ EqO_{2(o)}).

Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů	Obézní	Sportovci
Průměr	38,13	38,74
Směrodatná odchylka	72,33	75,55
Počet pozorování	20	20
Stupně volnosti	38	
T (testová statistika)	-0,2243	
P -hodnota	0,8237	
Kritická hodnota T	2,024	
Dvouvýběrový F-test pro rozptyl	1,0445	
P -hodnota F-testu	0,4626	

Tab. 14: Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů pro (EqO_2)

Rozdíly průměrů EqO_2 sportovců a EqO_2 obézních nejsou statisticky významné. Průměrné naměřené hodnoty EqO_2 sportovců nejsou významně větší než průměrné naměřené hodnoty EqO_2 obézních ($T = -0,2243$, $P = 0,8237$, aritmetický průměr $\text{EqO}_{2(o)} = 38,13$, aritmetický průměr $\text{EqO}_{2(s)} = 38,74$ (Graf 7, Tab. 14).

Nulové hypotézy H_{01} ($\text{EqO}_{2(s)} = \text{EqO}_{2(o)}$), H_{02} ($\text{EqO}_{2(s)} \leq \text{EqO}_{2(o)}$) se nezamítnou, výsledek je na hladině $\alpha = 0,05$ statisticky nesignifikantní.



Graf 7: Graf průměru z EqO₂

4.2.3.8 *Respirační kvocient*

8) Respirační kvocient – (RER)

Během zátěže se termín respirační kvocient neužívá, ale spíše aktuální poměr výměny dýchacích plynů, RER (z anglického Respiratory Exchange Ratio).

Poměr dýchacích plynů, RER, je velmi spolehlivým ukazatelem metabolického vytížení testované osoby při spiroergometrii (důležité pro validitu testu).

Pokud bylo dosaženo při zátěži hodnoty RER 1,00 a méně, pak není možné považovat naměřené hodnoty funkčních parametrů za maximální.

Abychom mohli považovat naměřené výsledky spiroergometrie za validní, měl by RER dosáhnout hodnot v rozmezí 1,10 až 1,20 nezávisle na věku, pohlaví či trénovanosti (29). Hodnoty RER během zátěžového testu obou skupin viz (Tab. 4, Tab. 5, Tab. 6, Tab. 7).

4.2.3.9 Zátěž

Zátěž – (Load W)

Formuluji hypotézy:

1) H_{A1} : Load $W_{(s)} \neq$ Load $W_{(o)}$

- Odpovídající nulová hypotéza je (H_{01} : Load $W_{(s)} =$ Load $W_{(o)}$).

2) H_{A2} : Load $W_{(s)} >$ Load $W_{(o)}$

- Odpovídající nulová hypotéza je (H_{02} : Load $W_{(s)} \leq$ Load $W_{(o)}$).

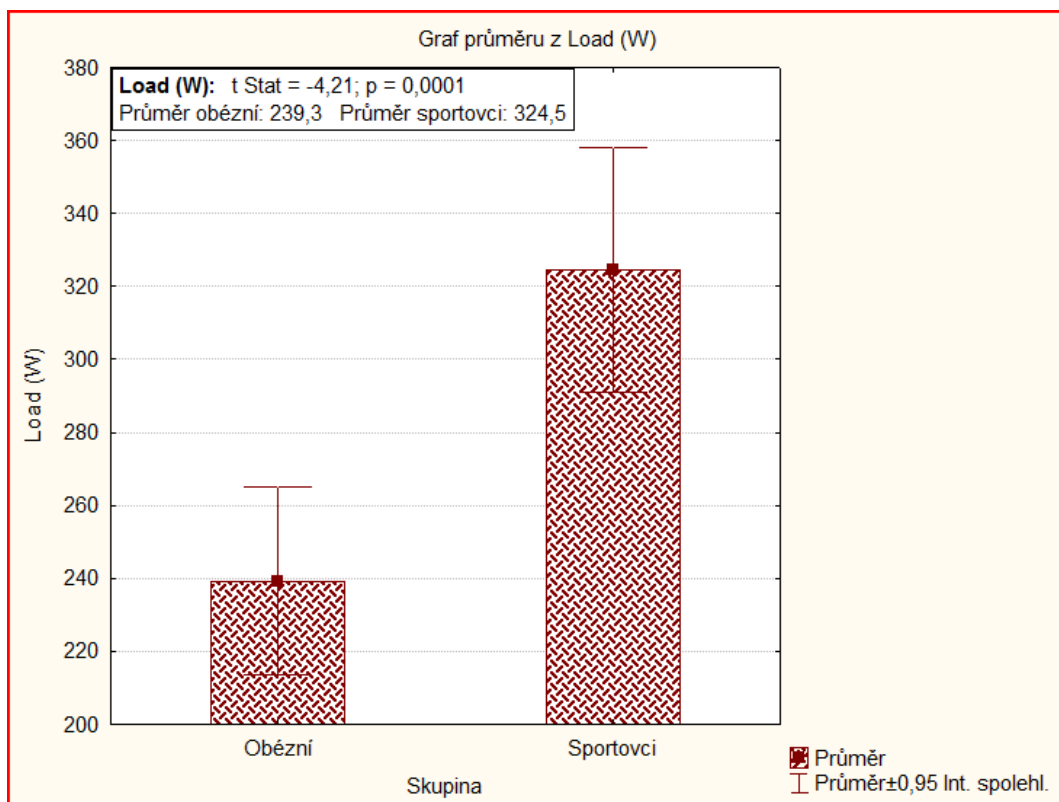
Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů	Obézní	Sportovci
Průměr	239,3	324,5
Směrodatná odchylka	3005,58	5150,36
Počet pozorování	20	20
Stupně volnosti	38	
<i>T (testová statistika)</i>	<i>-4,219</i>	
<i>P-hodnota</i>	<i>0,0001</i>	
<i>Kritická hodnota T</i>	<i>2,024</i>	
Dvouvýběrový F-test pro rozptyl	1,7136	
P-hodnota F-testu	0,1247	

Tab. 15: Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů pro (Load W)

Rozdíly průměrů Load W sportovců a Load W obézních byly statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty Load W sportovců byly významně větší než průměrné naměřené hodnoty Load W obézních ($T = -4,219$, $P = 0,0001$, aritmetický průměr Load $W_{(o)} = 239,3$, aritmetický průměr Load $W_{(s)} = 324,5$ (Graf 8, Tab. 15).

Nulové hypotézy H_{01} (Load $W_{(s)} =$ Load $W_{(o)}$), H_{02} (Load $W_{(s)} \leq$ Load $W_{(o)}$) se zamítnou a přijmou se alternativní hypotézy H_{A1} (Load $W_{(s)} \neq$ Load $W_{(o)}$), H_{A2} (Load $W_{(s)} >$ Load $W_{(o)}$). Výsledek je statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$.



Graf 8: Graf průměru z Load (W)

5. Diskuze

Sedavý způsob života, obezita, pohybová inaktivita a přirozený pokles kardiorepirační zdatnosti VO_{2max} s věkem klesá a vede ke snížení fyzické zdatnosti a výkonnosti obzvláště u obézních pacientů.

Vyšetřili jsme proto dvě populace (sportovců a obézních osob) s rozdílnou pohybovou aktivitou a chtěli jsme posoudit, jak moc se jejich hodnoty kardiorepirační zdatnosti liší.

Zátěžový test probíhal na ústavu tělovýchovného lékařství na 1. Lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze pod vedením pana Doc. MUDr. Zdeňka Vilíkuse, CSc.

Statistickou část diplomové práce jsem konzultovala s panem RNDr. Janem Klaschkou PhD.

Celkem byly odebrány vzorky dat dvou populací (skupin) o 40 lidech. Skupina A se skládala z 20 zdatných zdravých sportovců mužského pohlaví, rozdílné sportovní specializace.

Skupina B tvořila 20 zdravých (rizikových) obézních nesportujících pacientů též mužského pohlaví se sedavým způsobem života.

Při testování nám šlo o to, jestli rozdíl mezi průměry obou skupin je tak velký, aby se z něj dalo usoudit, že se liší i průměry zbylé populace.

Maximální aerobní kapacita (maximální spotřeby kyslíku - VO_{2max}), **je nejdůležitějším ukazatelem při posuzování aerobní kardiorepirační zdatnosti.**

Vyjadřuje schopnost organismu transportovat co největší množství kyslíku pracujícím svalům při maximálním výkonu. Je tedy měřítkem maximálních aerobních schopností organismu. Maximální aerobní kapacitou se změří trénovanost jedince (29).

VO_{2max} je individuálním výsledkem vzájemné interakce centrálních (kardiorepiračních) a periferních (svalových) faktorů (3).

V našem výzkumu měli sportovci výrazně lepší výsledky ukazatele maximální aerobní kapacity VO_{2max} , než skupina obézních pacientů.

Rozdíly průměrů absolutní spotřeby kyslíku $V'O_2$ ml/min sportovců a $V'O_2$ ml/min obézních pacientů jsou statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty $V'O_2$ ml/min sportovců jsou významně větší než průměrné naměřené hodnoty $V'O_2$ ml/min obézních pacientů.

Z T-testu nám vyšla ($T = -3,6228$, $P = 0,0008$, aritmetický průměr $V'O_2$ ml/min_(o) = 3470,3, aritmetický průměr $V'O_2$ ml/min_(s) = 4239,8 (Graf 4, Tab. 11).

Z toho vyplývá, že nulové hypotézy, co jsme naformulovali $H_{01} (V'O_2 \text{ ml/min}_{(s)} = V'O_2 \text{ ml/min}_{(o)})$, $H_{02} (V'O_2 \text{ ml/min}_{(s)} \leq V'O_2 \text{ ml/min}_{(o)})$ se zamítnou a přijmou se alternativní hypotézy $H_{A1} (V'O_2 \text{ ml/min}_{(s)} \neq V'O_2 \text{ ml/min}_{(o)})$, $H_{A2} (V'O_2 \text{ ml/min}_{(s)} > V'O_2 \text{ ml/min}_{(o)})$. Výsledek je tedy statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$ viz kapitola 4.2.3.4.

Rozdíly průměrů relativní spotřeby kyslíku $VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$ sportovců a $VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$ obézních pacientů jsou také statisticky významné.

Průměrné naměřené hodnoty $VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$ sportovců jsou významně větší než průměrné naměřené hodnoty $VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}$ obézních.

Z T-testu nám vyšla ($T = -10,1341$, $P = 0,0000$, aritmetický průměr $VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)} = 30,44$, aritmetický průměr $VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} = 54,99$ (Graf 5, Tab. 12).

Z toho vyplývá, že nulové hypotézy, co jsme naformulovali $H_{01} (VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} = VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)})$ a $H_{02} (VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} \leq VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)})$ se zamítnou a přijmou se alternativní hypotézy $H_{A1} (VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} \neq VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)})$, $H_{A2} (VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(s)} > VO_2/\text{kg ml} / \text{min/kg}_{(o)})$.

Výsledek je statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$ viz kapitola 4.2.3.5.

Lze konstatovat, že vyšetřovaní sportovci dosáhli významně vyšší absolutní spotřeby kyslíku a v relativní spotřebě kyslíku téměř až dvojnásobné hodnoty v porovnání s obézními pacienty. Můžeme tedy říci, že jejich kardiovaskulární systém je extrémně účinný při zásobování kyslíku pracujícím svalům při maximálním zatížení.

Další statisticky významné výsledky nám vyšly u minutové plicní ventilace $V'E \text{ l/min}$, dechové frekvence $BF \text{ l/min}$ a zátěže Load W .

Průměrné naměřené hodnoty $V'E \text{ l/min}$ sportovců ve srovnání s $V'E \text{ l/min}$ obézních jsou významně větší ($T = -3,1052$, $P = 0,0035$, aritmetický průměr $V'E \text{ l/min}_{(o)} = 115,6$, aritmetický průměr $V'E \text{ l/min}_{(s)} = 146,95$ (Graf 3, Tab. 9) viz kapitola 4.2.3.2.

Současně byly pozorovány významně větší průměrné naměřené hodnoty $BF \text{ l/min}$ sportovců, než průměrné naměřené hodnoty $BF \text{ l/min}$ obézních ($T = -3,6434$, $P = 0,0009$, aritmetický průměr $BF \text{ l/min}_{(o)} = 37,55$, aritmetický průměr $BF \text{ l/min}_{(s)} = 49,5$ (Tab. 10). Výsledky jsou statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$ viz kapitola 4.2.3.3.

Podle Doc. Vilíkuse (29) vytrvalostně trénovaní jedinci dosahují vyšší minutové plicní ventilace zejména díky vyšší dechové frekvenci, která se pohybuje při $vita \text{ maxima}$ kolem 50 dechů/min (u nesportovců kolem 40 dechů/min).

Sportovci dosáhli během testu v průměru také významně větší zátěže Load W než obézní.

Trénovaní jedinci jsou tedy schopní vyššího výkonu. Rozdíly průměrů zátěže sportovců a obézních pacientů jsou statisticky významné. ($T = -4,219$, $P = 0,0001$, aritmetický průměr Load $W_{(o)} = 239,3$, aritmetický průměr Load $W_{(s)} = 324,5$ (Graf 8, Tab. 15). Výsledek je statisticky signifikantní na hladině $\alpha = 0,01$ viz kapitola 4.2.3.9.

Z výsledků vyplynulo, že intenzivní vytrvalostní trénink vede k adaptaci kardiorespiračního systému. Aerobní síla a „metabolická rezerva sportovců je větší, než u obézních.

Více kyslíku spotřebovaného pracujícími svaly znamená více energie vytvářené efektivním aerobním způsobem, méně odpadních látek a tím i vyšší výkon a oddálení únavy (6).

6. Závěr

Závěrem jsem zjistila, že hodnoty kardiorepirační zdatnosti u sportovců a obézních pacientů se významně liší.

I přes několik faktorů jako je rozmanitý charakter sportovního odvětví a disciplín, mohu tvrdit na základě výsledků výzkumu, že sportovci dosáhli významně lepších výsledků ukazatele maximální aerobní kapacity VO_{2max} ve srovnání se skupinou obézních pacientů.

Ukazatel maximální aerobní kapacity VO_{2max} , je nejcennějším a nejdůležitějším parametrem při posuzování aerobní kardiorepirační zdatnosti a aerobních schopností organismu.

Mezi sportovci a obézními se během spiroergometrické vyšetření objevily významné odlišnosti.

Průměrné naměřené hodnoty absolutní spotřeby kyslíku a relativní spotřeby kyslíku sportovců jsou významně větší než průměrné naměřené hodnoty absolutní spotřeby kyslíku a relativní spotřeby kyslíku obézních pacientů. Výsledky dosáhli statistické signifikantnosti na hladině $\alpha = 0,01$.

Výsledky výzkumu potvrdily, že intenzivní trénink napomáhá rozvoji aerobní kapacity, vyšetřovaní sportovci dosáhli významně vyšší absolutní spotřeby kyslíku a v relativní spotřebě kyslíku téměř až dvojnásobné hodnoty v porovnání s obézními pacienty.

Další statisticky významné výsledky nám vyšly u minutové plicní ventilace $V'E$ l/min, dechové frekvence BF l/min a zátěže $Load W$.

Na základě těchto údajů si troufám říci, že jejich kardiovaskulární systém je extrémně účinný při zásobování kyslíku pracujícím svalům při maximálním zatížení.

Z toho vyplývá, že kardiorepirační zdatnost sportovců je lepší oproti kardiorepirační zdatnosti obézních resp. nesportujících osob.

U osob s nadváhou, které mají sníženou VO_{2max} se ukazuje, do jaké míry se na nízké zdatnosti podílí obezita.

Spiroergometrie je metoda stanovení aerobní kardiorepirační zdatnosti pomocí analyzátoru vydechovaného plynu.

Velkou výhodou spiroergometrie je, že pomocí analyzátoru vydechovaného plynu (Oxyconu) měření probíhá „on-line“, umožňuje lékaři okamžité sledování měřených spiroergometrických parametrů přímo na monitoru počítače, který je součástí analyzátoru (29).

Na základě výsledků vyšetření je možné stanovit vhodné sportovní disciplíny, preskribovat pohybové aktivity, provádět prevenci zdravotních komplikací či odhalovat skrytá onemocnění nebo hodnotit efekt léčby apod.

Tato práce naplnila mé očekávání a ve většině případů potvrdila moje hypotézy.

Cílem mé diplomové práce bylo nejen zhodnotit kardiorespirační zdatnost sportovců a obézních pacientů pomocí statistiky, popsat metodiku spiroergometrie, ale i snahou ukázat pozitivní vliv pohybové aktivity na kardiorespirační zdatnost. Posoudit vliv kardiorespirační zdatnosti a pohybové aktivity na lidské zdraví a obecně na zdatnost jedince, zvláště v současné moderní době, kde životní styl charakteristický především nedostatkem pohybových aktivit, neodpovídá přirozeným požadavkům organismu.

Výsledky nám dovoluují učinit závěr, že sportovci mají významně lepší kardiorespirační zdatnost ve srovnání se skupinou obézních pacientů.

Pohybová aktivita je tedy důležitou součástí fyzického a psychického zdraví, významně se podílí na vzdělávání a tělesném vývoji jedince. Pravidelná pohybová aktivita napomáhá rozvoji aerobní kapacity a tím zlepšuje kardiorespirační zdatnost.

Věřím, že má diplomová práce přispěje k dalšímu výzkumu a tvorbě dalších prací z oblasti vlivu pohybových aktivit na kardiorespirační systém, který patří mezi nejdůležitější pro zdraví, a rovněž je nejvýznamnějším ukazatelem určujícím celkovou zdatnost organismu.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. CINGLOVÁ, L. *Vybrané kapitoly z tělovýchovného lékařství: pro studenty FTVS*. 1. vydání. Praha: Karolinum, 2002. 199 s. ISBN 80-246-0492-2.
2. DOSTÁLOVÁ, I.; SIGMUND, M. Posouzení svalových funkcí dětí základních olomouckých škol. In Mezinárodní konference v oboru funkční antropologie a zdravotní tělesné výchovy. *Diagnostika pohybového systému: metody vyšetření, primární prevence, prostředky pohybové terapie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2000. s. 128-156. ISBN 80-244-0212-2.
3. GRASGRUBER, P.; CACEK, J. *Sportovní geny*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2008. 480 s. ISBN 978-80-251-1873-3.
4. HLÚBIK, P. *Úvod do problematiky obezity*. 1. vydání. Hradec Králové: Vojenská lékařská akademie J. E. Purkyně, 1994. 83 s. ISBN 80-85109-03-4.
5. HORNIÁK, E.; MÁČEK, M. *Sport ve zdraví a nemoci: obezita, diabetes mellitus a tělesná výchova*. 1. vydání. Praha: Ústřední výbor Československého svazu tělesné výchovy. 1986. 287 s.
6. Prevence nemocí a podpora zdraví
<<http://www.cba.muni.cz/prevencenemoci/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=19>> [Cit. 20. 03. 2011].
7. Prevence nemocí a podpora zdraví
<<http://www.cba.muni.cz/prevencenemoci/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=6>> [Cit. 20. 03. 2011].
8. Vypočet <<http://www.vypocet.cz/bmi>> [Cit. 07. 03. 2011].

9. Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

<<http://www.vfn.cz/pracoviste/kliniky-a-oddeleni/ustav-telovychovneho-lekarstvi/>>

[Cit. 20. 03. 2011].

10. Statistika a výpočetní technika – Fakulta veterinárního lékařství

<http://vfwww.vfu.cz/stat/FVL/Cviceni/Studentuv_t.htm>

[Cit. 20. 04. 2011].

11. Wikipedie

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Testov%C3%A1n%C3%AD_statistick%C3%BDch_hypot%C3%A9z>

[Cit. 20. 04. 2011].

12. Wikipedie

<http://cs.wikipedia.org/wiki/T_test>

[Cit. 20. 04. 2011].

13. Ústav tělovýchovného lékařství

<<http://utl.lf1.cuni.cz/article.asp?nDepartmentID=1715&nArticleID=4701&nLanguageID=1>>

[Cit. 17. 03. 2011].

14. Ústav tělovýchovného lékařství

<<http://utl.lf1.cuni.cz/default.asp?nDepartmentID=1738&nLanguageID=1>>

[Cit. 17. 03. 2011].

15. Ústav tělovýchovného lékařství

<<http://utl.lf1.cuni.cz/article.asp?nDepartmentID=1764&nArticleID=4795&nLanguageID=1>>

[Cit. 17. 03. 2011].

16. KASALICKÝ, M. *Tubulizace žaludku: chirurgická léčba obezity*. 1. vydání. Praha: Triton, 2007. 89 s. ISBN 978-80-7254-957-3.

17. Kunešová, M. *Nadváha a obezita*. 1. vydání. Praha: Vašut, 2001. 32 s. ISBN 80-7236-180-5.

18. KUNEŠOVÁ, M. *Obezita: doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře*. Praha: Společnost všeobecného lékařství, 2005. 10 s. (Doporučené postupy pro praktické lékaře). ISBN 80-903573-8-5.
19. KURSOVÁ, V. *Krok k výchově, krok ke zdraví: projekt ESF "Rozvoj lidských zdrojů"*. 2. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2008. 16 s. ISBN 978-80-7394-083-6.
20. KOSS, JO.; ALEXANDROVA, A. Essay: HIV/AIDS prevention and peace through sport, *The Lancet*. Special issue 2005. vol 366, Suppl. 1, s. S3-S4. ISSN 0140-6736.
21. MAUGHAN, R. J.; BURKE, L. *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. 1. vydání. Praha: Galén, 2006. 311 s. ISBN 80-7262-318-4.
22. PERUŠIČOVÁ, J. *Co je nového na cestě od obezity po diabetu, aneb, co by měl o diabetu vědět pacient*. Praha: Medica Healthworld, 2007. 223 s. ISBN 978-80-904002-0-7.
23. PYŠNÝ, L. *Doping: rizika zneužití*. 1. vydání. Praha: Grada, 2006. 93 s. ISBN 80-247-1702-6.
24. ROUX, D. *Revoluce v léčení obezity, cukrovky, vysokého tlaku a cholesterolu*. 1. vydání. Olomouc: Fontána, 2010. 212 s. ISBN 978-80-7336-598-1.
25. SVAČINA, Š.; BRETŠNAJDROVÁ, A. *Obezita a diabetes*. Praha: Maxdorf, 2000. 307 s. ISBN 80-85800-43-8.
26. ŠPUNDA, M.; DUŠEK, J. *Zdravotnická informatika*. 1. vydání. Praha: Karolinum, 2007. 194 s. ISBN 978-80-246-1378-9.
27. ŠTOLBOVÁ, E. *Život s nadváhou*. 1. vydání. Praha: Grada, 2000. 124 s. ISBN 80-7169-962-4.
28. VILIKUS, Z.; BRANDEJSKÝ, P. *Sports medicine for english-speaking students*. 1st ed. Praha: Karolinum, 2006. 203 s. ISBN 80-246-1191-0.

29. VILIKUS, Z.; BRANDEJSKÝ, P.; NOVOTNÝ, P. *Tělovýchovné lékařství*. 1. vydání. Praha: Karolinum, 2004. 257 s. ISBN 80-246-0821-9.
30. VIRTUE, D. *Zbavte se svých kil bolesti: pochopte souvislosti mezi zneužitím, stresem a přejídáním*. 1. vydání. Praha: Synergie, 2007. 269 s. ISBN 978-80-7370-119-2.
31. VONDRUŠKA, V.; BARTÁK, K. *Cvičení pro zdraví*. 1. vydání. Hradec Králové: Ústav tělovýchovného lékařství FN a LFUK, 2000. 24 s. ISBN 80-238-6375-4.
32. VONDRUŠKA, V.; BARTÁK, K. *Zdravý životní styl, aneb, "Prevence založená na důkazech"*. 1. vydání. Hradec Králové: Ústav tělovýchovného lékařství FN a LFUK, 2002. 28 s. ISBN 80-238-9361-0.
33. ZVÁROVÁ, J. *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. Praha: Karolinum, 1998. 218 s. ISBN 80-7184-786-0.
34. ZVĚŘINOVÁ, A. *S váhou na houpačce: kniha pro vaši duši*. 1. vydání. Praha: Smart Press, 2006. 215 s. ISBN 80-903642-5-X.
35. PLACHETA, Z.; SIEGELOVÁ, J. *Praktická cvičení z klinické fyziologie: pro bakalářské studium Specializace ve zdravotnictví*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2005. 57 s. ISBN 80-210-3620-6.

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

α – hladina významnosti

BMI – body mass index; hmotnostně-výškový index

CO₂ – oxid uhličitý

CT – computed tomography

CSc. – kandidát věd, candidatus scientiarum

ČVUT – České vysoké učení technické v Praze

DF, BF – dechová frekvence

DK – dolní končetiny

DM – diabetes mellitus

Doc. – docent

EKG – elektrokardiograf

EqO₂ – ventilační ekvivalent pro kyslík

F test – fisherův test

H₀ – hypotéza nulová

H_A – hypotéza alternativní

HDL cholesterol – vysokodenzitní lipoprotein, High-density lipoprotein

ICHS – ischemická choroba srdeční

IR – infračervený, infra red

Kg – kilogram

LDL cholesterol – nízkodenzitní lipoprotein, Low-density lipoprotein

LF – lékařská fakulta

l/min – litr za minutu

ml/min – mililitr za minutu

MONICA – monitoring of trends and determinants in Cardiovascular diseases

MUDr. – doktor medicíny, medicinae universae doctor

NYHA – New York Heart Association

(o) – obézní

O₂ – kyslík

P – dosažená hladina významnosti

PhD. – doktor, vědecká hodnost

R, RQ – respirační kvocient

RER, RER – poměr výměny dýchacích plynů (Respiratory Exchange Ratio)
RNDr. – doktor přírodních věd, rerum naturalium doctor
RPE – stupnice subjektivního vnímání zátěže, Rating of Perceived Exertion
(s) – sportovci
 σ – rozptyl
T – testová statistika
TF, HR – tepová frekvence, heart rate
TVL – tělovýchovné lékařství
UK – Univerzita Karlova
V – objem, volume
 V_V – stupeň volnosti čitatele
 V_M – stupeň volnosti jmenovatele
 V_{CO_2} – objem vydaného kyslíčnicku uhličitýho
 V_E, V – minutová plicní ventilace
 $VECO_2$ – ventilační ekvivalent pro oxid uhličitý
 VEO_2 – ventilační ekvivalent pro kyslík
 VO_2 – objem spotřebovaného kyslíku
 $VO_2 \cdot kg^{-1}$ – spotřeba kyslíku na kg tělesné hmotnosti
 $VO_2 \cdot TF^{-1}, VO_2 \cdot HR^{-1}$ – tepový kyslík
 V_T – dechový objem
W – výkon ve wattech
WHO – světová zdravotnická organizace, World Health Organization

9. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Borgova škála - Hodnocení intenzity námahy (RPE)

Příloha č. 2 – Borgova škála - Hodnocení obtíží

Příloha č. 1

Borgova škála - Hodnocení intenzity námahy (RPE)

Borgova škála **6 - 20** pro hodnocení vnímání intenzity, namáhavosti příslušného zatížení

Číselné hodnocení	Slovní hodnocení	Číselné hodnocení	Slovní hodnocení
6		14	
7	Velmi, velmi lehká	15	Namáhavá
8		16	
9	Velmi lehká	17	Velmi namáhavá
10		18	
11	Lehká	19	Velmi, velmi Namáhavá
12		20	
13	Poněkud namáhavá		

(35).

Příloha č. 2

Borgova škála - Hodnocení obtíží

Borgova škála **0 - 10** pro hodnocení subjektivních pocitů dušnosti, bolesti na hrudi a dolních končetin

Číselné hodnocení	Slovní hodnocení	Číselné hodnocení	Slovní hodnocení
0	Vůbec žádná	6	
0,5	Velmi, velmi slabá	7	Velmi silná
1	Velmi slabá	8	
2	lehká	9	
3	Střední	10	Velmi, velmi silná
4	Poněkud silná	*	Maximální
5	Silná (těžká)		

(35).

EVIDENCE VÝPŮJČEK

Prohlášení:

Beru na vědomí, že odevzdáním této závěrečné práce poskytuji svolení ke zveřejnění a k půjčování této závěrečné práce za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou přednáškovou nebo publikační aktivitu, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

V Praze, 24. 05. 2011

Podpis autora závěrečné práce

Jako uživatel potvrzuji svým podpisem, že budu tuto práci řádně citovat v seznamu použité literatury.

[illegible]